



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PROYECTO DOMOTIZACIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

TRABAJO FINAL DE:

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

REALIZADO POR:

Nuria González Berenguer

TUTORIZADO POR:

Ricardo Pizá Fernández

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice de documentos

- I. Memoria
- II. Planos
- III. Pliego de condiciones
- IV. Presupuesto

I. Memoria

Resumen

En la realización de este trabajo, se estudiarán los procedimientos de comunicación entre diferentes dispositivos instalados en un hogar para su domotización, la instalación de los mismos y el cableado necesario para su funcionamiento, así como las protecciones necesarias para cada circuito implementado en el hogar. A lo largo de este proyecto no se ha realizado la programación ya que se centra fundamentalmente en la explicación del funcionamiento y método de comunicación entre los diferentes circuitos que se le integran para domotizar un hogar.

Al tratarse de un proyecto realizado de forma complementaria, mi compañera Ana Pérez Solbes realizará la parte eléctrica de la misma, centrándose por ello este proyecto en la parte de control de la instalación propuesta por ambas.

PALABRAS CLAVE:

Domótica, automatización, control, protocolos de comunicación, hardware, vivienda.

Abstract

In carrying out this work, the communication procedures between different devices installed in a home for their domotization, the installation of the same and the necessary wiring for their operation will be studied, as well as the necessary protections for each circuit implemented in the home. Throughout this project, the programming has not been carried out since it focuses fundamentally on the explanation of the operation and method of communication between the different circuits that are integrated to domotizar a home.

As it is a project carried out in a complementary way, my colleague Ana Pérez Solbes will carry out the electrical part of it, focusing this project on the control part of the installation proposed by both.

KEYWORDS:

Home automation, automation, control, communication protocols, hardware, home.

Índice de contenido

1. Introducción	10
1.1. Motivación	10
1.2. Objetivos	10
1.3. Estudio de necesidades	10
2.Domótica	13
2.1. ¿Qué es la domótica?.....	13
2.2. Evolución histórica.....	14
2.3. Elementos de un sistema domótico	15
2.4. Arquitectura.....	16
2.5. Open-Hardware.....	18
2.6. Sistemas de comunicación.....	19
2.7. Protocolos de comunicación actuales.....	19
2.7.1. Sistemas X10	20
2.7.2. ZigBee.....	21
2.7.3. KNX	22
2.7.4. I2C	24
3.Descripción del hardware empleado	26
3.1. Arduino	26
3.1.1. Arduino UNO.....	26
3.1.2. Arduino MEGA.....	33
3.2. NodeMCU	37
3.3. Raspberry Pi 3	39
3.4. Sensores empleados.....	41
3.4.1. Relé.....	41
3.4.2. Sensor de temperatura y humedad	42
3.4.3. Sensor de corriente	43
3.4.4. Sensor magnético.....	44
3.5. Módulo XBee Shield.....	45
4.Descripción de la solución adoptada	47
4.1. Antena ZigBee	47
4.2. Comunicación entre dispositivos	48
5. Componentes del sistema	49
5.1. Control de iluminación	49
5.2. Control de temperatura y humedad	49
5.3. Control de ventanas	51

5.4. Hub del sistema	52
5.5. Alarma	53
5.6. Interfaz con el usuario	54
6. Conclusiones y futuros trabajos	55
Referencias.....	56
ANEXO I.....	58
ANEXO II.....	62
ANEXO III.....	64

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Planta de la vivienda unifamiliar	11
Ilustración 2: Aspectos de la domótica	14
Ilustración 3: Elementos de un sistema domótico	15
Ilustración 4: Arquitectura centralizada	16
Ilustración 5: Arquitectura descentralizada	17
Ilustración 6: Arquitectura distribuida	17
Ilustración 7: Arquitectura mixta o híbrida	18
Ilustración 8: Disposición de nodos en redes ZigBee	21
Ilustración 9: Pinout ATmega328P SMD	27
Ilustración 10: Pinout ATmega328P DIP	28
Ilustración 11: Estructura de Arduino UNO	31
Ilustración 12: Pinout Arduino UNO	32
Ilustración 13: Pinout microcontrolador ATmega2560	34
Ilustración 14: Estructura Arduino MEGA	35
Ilustración 15: Pinout Arduino MEGA	36
Ilustración 16: Esquema general placa NodeMCU	37
Ilustración 17: Pinout SoC ESP8266	38
Ilustración 18: Pinout NodeMCU	39
Ilustración 19: Diagrama de un relé	41
Ilustración 20: Conexiones placa Arduino con módulo relé	41
Ilustración 21: Pinout sensor DHT22	42
Ilustración 22: Diagrama de conexiones placa Arduino UNO con sensor DHT22	43
Ilustración 23: Pines del sensor ACS712	44
Ilustración 24: Diagrama de conexiones placa Arduino UNO con sensor ACS712	44
Ilustración 25: Cables del sensor MC38	45
Ilustración 26: Ejemplo pinout módulo 2 (versión PRO) de XBee	45
Ilustración 27: Ejemplo header hembra de 10 pines separados 2.54 mm	46
Ilustración 28: Tarjeta XBee Shield	46
Ilustración 29: Tipos de antenas para módulos XBee	47
Ilustración 30: Comunicación ZigBee	48
Ilustración 31: Comunicación entre dispositivos	48
Ilustración 32: Interruptor regulador de luz	49

Ilustración 33: Pinout cambiador de nivel	50
Ilustración 34: Conexiones Arduino MEGA - NodeMCU	50
Ilustración 35: Conexiones Arduino UNO – NodeMCU	51
Ilustración 36: Hub Tuya ZigBee	52
Ilustración 37: Elementos de la alarma	53
Ilustración 38: Aplicación para móvil Tuya	53
Ilustración 39: Panel multifuncional inteligente de Orvibo MIXPADS	54

Índice de tablas

Tabla 1: Distribución y partes de la vivienda	11
Tabla 2: Elementos para la cocina	11
Tabla 3: Elementos para el salón-comedor	12
Tabla 4: Elementos para el dormitorio I	12
Tabla 5: Elementos para el dormitorio II	12
Tabla 6: Elementos para el dormitorio III	12
Tabla 7: Elementos para el baño I	12
Tabla 8: Elementos para el baño II	13
Tabla 9: Elementos para el vestidor	13
Tabla 10: Elementos para la sala de lavado	13
Tabla 11: Especificaciones Arduino UNO	27
Tabla 12: Pines y características microcontrolador ATmega328P	29
Tabla 13: Características de funcionamiento ATmega328P	30
Tabla 14: Funciones de los pines de Arduino UNO	33
Tabla 15: Especificaciones Arduino MEGA	33
Tabla 16: Características de funcionamiento ATmega2560	35
Tabla 17: Especificaciones Raspberry Pi 3	40
Tabla 18: Estructura Raspberry Pi	40
Tabla 19: Pinout GPIO de la Raspberry Pi	40
Tabla 20: Características sensor DHT22	42
Tabla 21: Modelos sensor de corriente ACS712	43
Tabla 22: Características y especificaciones técnicas sensor magnético MC38	44
Tabla 23: Características y especificaciones técnicas Tuya ZigBee hub	52
Tabla 24: Especificaciones y características Alarma	54

1. Introducción

Con la realización de este apartado se pretende explicar la importancia actual de la domotización o automatización de las viviendas, a la vez que mostrar por qué resulta de interés la realización de este trabajo.

1.1. Motivación

La motivación principal para la realización de este trabajo son un conjunto de factores, entre los que cabe destacar que se quería realizar un trabajo complementario con dos partes diferenciadas, pero tratándose siempre de la misma vivienda a trabajar.

Por otro lado, el campo de la domótica, es uno de los que más está incrementando en los últimos años con los llamados "hogares inteligentes"; por lo que en la realización del trabajo se pretendía también aprender lo máximo posible sobre esta área de la electrónica y sobre su funcionamiento.

1.2. Objetivos

El documento se trata de un proyecto de fin de grado, donde se pretende realizar en partes separadas: la instalación eléctrica y por otro lado la domotización de una vivienda.

El objetivo principal del proyecto es la realización y diseño del sistema domótico que se quiere implementar, en la primera parte del trabajo se tratan los conceptos técnicos explicados de manera teórica para su mejor comprensión. Posteriormente se detallan los elementos necesarios en la realización de un sistema domotizado siempre dependiendo de las necesidades que se quieran cubrir. También se detallarán los aspectos necesarios para la comunicación entre los diferentes sistemas integrados en el hogar, así como el tipo de control que se pretende realizar y las conexiones pertinentes dentro de los circuitos.

En resumen, con la elaboración de este proyecto, se pretende realizar una instalación con las siguientes características:

- Control de la intensidad lumínica de cada estancia de la vivienda (menos garaje y jardín).
- Realizar el control de puertas y ventanas mediante los datos obtenidos de los sensores.
- Sistema de protección mediante alarma.
- Conocer la temperatura a la que se encuentra el hogar
- Comunicación global entre los diferentes dispositivos.
- Comunicación humano/máquina mediante un interfaz y mediante una app de móvil.

1.3. Estudio de necesidades

Para llevar a cabo el control de los diferentes elementos de la vivienda, se podrá realizar desde el propio móvil o bien desde la propia pantalla.

Pero primero, para saber qué elementos se van a controlar se debe saber en qué estancia de la vivienda se van a encontrar.

La vivienda consta de:

Partes de la vivienda	Superficie (m ²)
Dormitorio I	15.57
Dormitorio II	10.88
Dormitorio III	12.65
Baño I	4.19
Baño II	3.76
Vestidor	2.74
Cocina	11.68
Salón	14.94
Comedor	12.94
Garaje	26
Sala de lavado	3.60
Terraza	25
TOTAL	143.95

Tabla 1: Distribución y partes de la vivienda

Al pasar de más de 100 m², el total de la vivienda, esto podía ocasionar dificultades para la correcta comunicación de dispositivos del sistema y por defecto, para el correcto funcionamiento del sistema. Por tanto, se va a realizar la domotización del hogar sin tener en cuenta ni la terraza, ni el garaje, por lo que el total de m² de a vivienda a controlar es de 92.95 m² (tras restar al total los m² de terraza y de garaje).

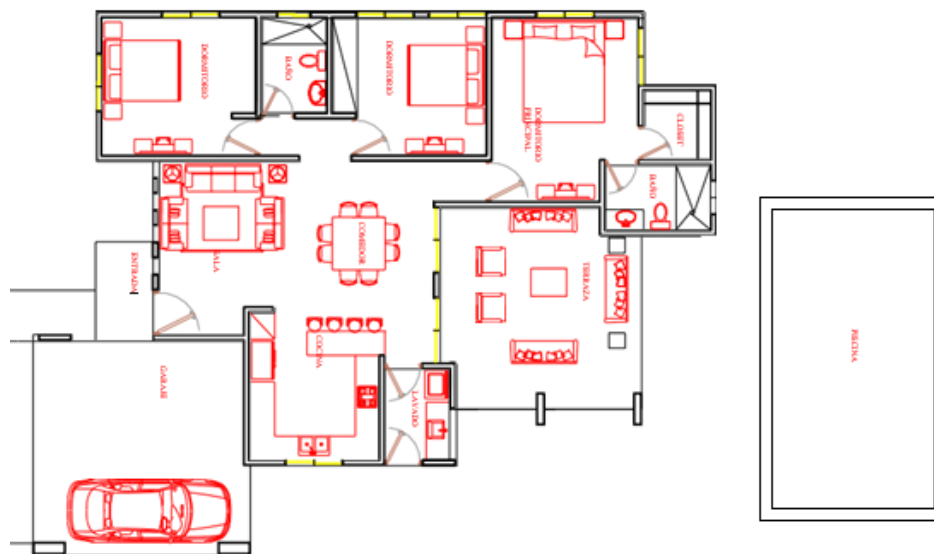


Ilustración 1: Planta de la vivienda unifamiliar

Para cada una de las estancias de la vivienda se va a recoger en forma de tabla, los dispositivos o elementos que se quieran controlar, para poder saber de este modo las necesidades de la vivienda.

- **Cocina**

Elementos	Cantidad
Downlight LED	8
Sensor DHT22	1
Sensor magnético MC38	1

Tabla 2: Elementos para la cocina

- **Salón-Comedor**

Elementos	Cantidad
Downlight LED Redondo II	8
Sensor DHT22	1
Sensor magnético MC38	3
Alarma	1
Interfaz	1
Hub del sistema	1

Tabla 3: Elementos para el salón-comedor

- **Dormitorio I**

Elementos	Cantidad
Plafón fluorescente	1
Aplique pared I	4
Sensor DHT22	1
Sensor magnético MC38	2

Tabla 4: Elementos para el dormitorio I

- **Dormitorio II**

Elementos	Cantidad
Plafón fluorescente	1
Aplique pared I	4
Sensor DHT22	1
Sensor magnético MC38	2

Tabla 5: Elementos para el dormitorio II

- **Dormitorio III**

Elementos	Cantidad
Plafón fluorescente	1
Aplique pared I	4
Aplique pared II	2
Sensor DHT22	1
Sensor magnético MC38	2

Tabla 6: Elementos para el dormitorio III

- **Baño I**

Elementos	Cantidad
Downlight LED Redondo I	3
Sensor magnético MC38	1

Tabla 7: Elementos para el baño I

- **Baño II**

Elementos	Cantidad
Downlight LED Redondo I	3

Tabla 8: Elementos para el baño II

- **Vestidor**

Elementos	Cantidad
Downlight LED Redondo I	3

Tabla 9: Elementos para el vestidor

- **Sala de lavado**

Elementos	Cantidad
Downlight LED Redondo I	2

Tabla 10: Elementos para la sala de lavado

Tras lo recogido en las tablas, se puede observar que tanto el hub como la alarma y el interfaz se van a encontrar situados en salón-comedor. También se observa que en todas las ventanas de la vivienda se van a colocar sensores magnéticos a la vez que sensores de temperatura y humedad. Destacar el uso de bombillas de tipo LED para toda la vivienda.

2.Domótica

2.1. ¿Qué es la domótica?

La palabra domótica, encuentra su origen etimológico en el latín con la unión del sustantivo "domus" que significa casa y el sufijo "-tica", que indica que funciona por sí sola. Por lo que se puede definir la domótica como el conjunto de técnicas aplicadas al control y automatización de las viviendas, permitiendo una gestión eficiente del uso de la energía (ahorro energético), que aporta seguridad y confort, además de una comunicación entre el sistema y el usuario.

Estos sistemas pueden estar integrados mediante redes interiores o exteriores de comunicación, y a la vez pueden ser cableadas o inalámbricas. Además, estos sistemas tienen la capacidad de poder ser controlados desde dentro o fuera de la vivienda.

En cuanto a las aportaciones de la domótica, se centra en cuatro aspectos generales:

- **Confort:** la posibilidad de controlar los diferentes sistemas integrados y poder llevar a cabo la gestión de los dispositivos en el hogar de forma remota e incluso poder programarlas de forma automática mediante una interfaz de usuario hace más cómoda la estancia en la vivienda. Algunas utilidades son:
 - Control vía internet.
 - Generación de programas de fácil utilización para el usuario.
 - Gestión multimedia.
 - Capacidad de programación para acciones futuras o de repetición.

- **Seguridad:** gracias a los dispositivos disponibles se puede controlar de forma remota lo que está sucediendo en el hogar a la vez que se puede programar las respuestas ante posibles intromisiones en el sistema de seguridad. Con la instalación de distintos dispositivos, se podrían detectar fugas de gas, inundaciones de agua, fallos de suministro eléctrico y multitud de funcionalidades que en resumen hacen de la vivienda un lugar más seguro tanto para las personas como para los propios bienes.
- **Gestión de energía:** aporta ahorro energético al poder gestionar de manera inteligente la climatización, la iluminación, los electrodomésticos, etc. También se puede llevar a cabo la racionalización de las cargas eléctricas desconectando algunos equipos de uso no prioritario en función del consumo. Mediante la monitorización del consumo se puede obtener información muy valiosa para modificar los hábitos de la vivienda y de este modo aumentar el ahorro y la eficiencia.
- **Comunicaciones:** es la base de los sistemas domóticos ya que permite la conexión entre el usuario y los diferentes dispositivos integrados en el sistema; también posibilita el control a distancia de la vivienda domotizada.

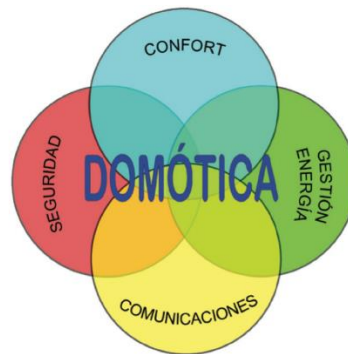


Ilustración 2: Aspectos de la domótica

2.2. Evolución histórica

Los primeros pasos de la domótica se le atribuyen a Nikola Tesla con el invento del mando a distancia para controlar un barco de manera remota. Posteriormente en 1901, se creó la primera aspiradora; y a lo largo de las siguientes décadas se fueron introduciendo también las lavadoras, secadoras, planchas, etc. En la década de los años 30 los inventores ya hablaban de las ventajas de la domótica. En 1932 en la Feria Mundial de Chicago presentaba Alpha, el robot activado mediante voz que podía disparar un arma; además en la feria se introdujo por primera vez el concepto de electrodomésticos automatizados y electrodomésticos inteligentes.

Así ya en 1950 se comenzaron a ver los resultados de creadores y publicistas que presentaban su visión de las casas inteligentes del futuro, con algunas innovaciones como espejos que se abrían mediante un botón. En este mismo año Jack Kilby y Robert Noyce inventaron el chip de ordenador (bloqueo de construcción de la tecnología doméstica inteligente de la actualidad). En 1951 se presentó al mercado UNIVAC I, el primer ordenador del mundo disponible en el mercado, pero no fue hasta 1964 que apareció el Uniscope 300, uno de los primeros monitores para computadora.

En 1966 el ECHO (Electronic Computing Home Operator) IV fue el primer producto domótico del mundo, inventado por Jim Sutherland; siendo capaz de controlar la temperatura de una vivienda, realizar listas de la compra y encender y apagar

electrodomésticos. Tres años más tarde DARPA presentó ARP Anet, la primera red del mundo precursora del IoT (Internet de las Cosas).

A partir de los años 80, la automatización del hogar se convirtió en algo común ya que empezaron a aparecer en las puertas de los garajes, sistemas de seguridad de alarmas, luces con sensores de movimiento, la fibra óptica etc.

En el año 1998, este sector se vio incrementado de una manera asombrosa por el gran auge de Internet, que revolucionó el sector de la domótica; en el año 2007 se comercializó el primer smartphone y desde entonces han ido apareciendo una serie de avances en el sector tales como: las Smart TV, sistemas basados en inteligencia artificial (claro ejemplo de Siri), las camas inteligentes y las impresoras 3D.

Actualmente, este sector se encuentra en pleno cambio y crecimiento, por lo que no se puede descartar que, en un futuro no muy lejano, se mejoren los sistemas inteligentes de hoy en día y se mejore la vida en los hogares.

2.3. Elementos de un sistema domótico

En toda instalación domótica se van a encontrar los siguientes tipos de elementos:

- **Sensores:** Dispositivos con la función de captar información del entorno y transmitirla a los controladores para que estos lleven a cabo las acciones necesarias. Algunos ejemplos de sensores serían los de temperatura, humedad, movimiento, etc.
- **Controladores:** Unidades donde se almacena y procesa la información captada por los sensores. Estos dispositivos gestionan esa información recibida y emiten las ordenes pertinentes a los actuadores. En los controladores es donde se realiza la configuración del sistema.
- **Actuadores:** Dispositivos encargados de recibir y llevar a cabo las ordenes emitidas por los controladores.
- **Bus de transmisión:** Método de transmisión, por el que se encuentran interconectados todos los dispositivos y a través del cual se envía la información; pueden ser inalámbricos o en forma de cableado.
- **Interfaces:** Dispositivos con los que el usuario puede interactuar con el sistema ya que muestran la situación general del entorno.

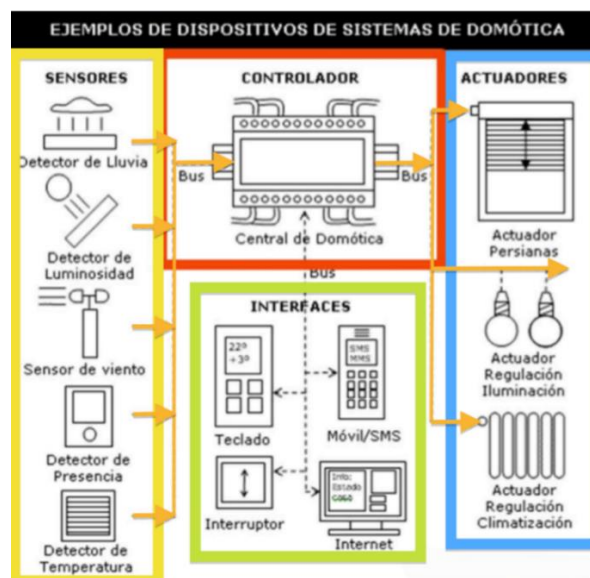


Ilustración 3: Elementos de un sistema domótico

2.4. Arquitectura

Dependiendo de cómo y dónde se vayan a ubicar los diferentes elementos domóticos podemos distinguir tres tipos diferentes de arquitecturas:

- **Arquitectura centralizada**

En este tipo de arquitecturas solo existe un controlador centralizado "eje central", que recibe la información de los sensores y tras analizarla genera las órdenes y las manda a los actuadores.

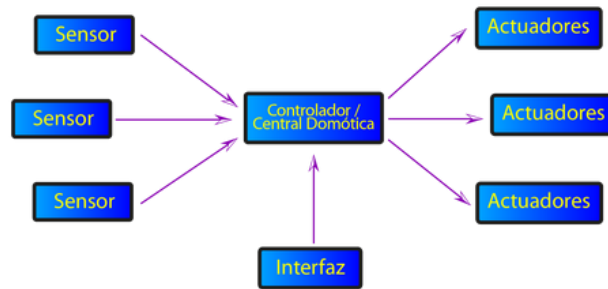


Ilustración 4: Arquitectura centralizada

Ventajas:

- ↑ Gran potencia e inteligencia.
- ↑ Los sensores y actuadores son de tipo universal.
- ↑ Facilidad para realizar las tareas de mantenimiento o modificación ya que está todo centralizado.
- ↑ Recomendada para pequeñas instalaciones (sector residencial)
- ↑ Precio asequible.

Inconvenientes:

- ↓ Método de instalación no compatible al tradicional eléctrico, por lo que se deberá de elegir este tipo de cableado antes de realizar la construcción.
- ↓ Se requiere el uso mucho cableado, menos en los equipos que utilizan Wifi.
- ↓ Necesidad de una interfaz de usuario.
- ↓ Dificultad para ampliar su capacidad.
- ↓ Sistema dependiente del funcionamiento de la central.

- **Arquitectura descentralizada**

En un sistema descentralizado existen varios controladores, que se encuentran conectados a los sensores y actuadores; estos a su vez se encuentran también interconectados por medio de un "Bus".

Este sistema domótico es muy utilizado en la domotización de casas mediante sistemas inalámbricos; ya que se disminuye la necesidad de cableado sobre todo cuando hay equipos que se pueden comunicar mediante Wifi, como las impresoras o equipos de aires acondicionados.

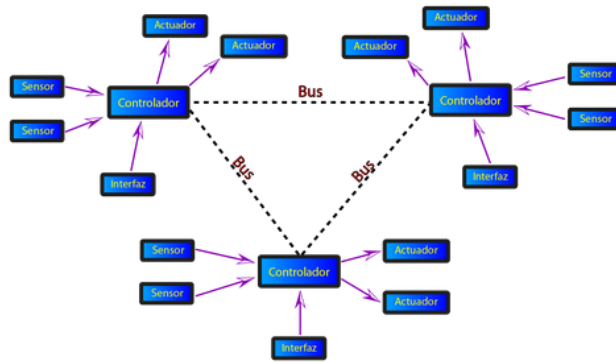


Ilustración 5: Arquitectura descentralizada

Ventajas:

- ↑ Cableado reducido y fácil de ampliar.
- ↑ Las operaciones de mantenimiento o modificación son sencillas.
- ↑ Seguridad de funcionamiento.

Inconvenientes:

- ↓ Constan de elementos de red que no son universales, por lo que hay limitación de mercado.
- ↓ La posibilidad de ampliación se reduce y se requiere de programación.
- ↓ Se requiere una interfaz de usuario.

• **Arquitectura distribuida**

Este tipo de arquitectura se caracteriza porque cada uno de los sensores y actuadores son a su vez controladores. Por lo que tienen la capacidad de analizar la información y enviarla al sistema según lo que hayan recibido de los otros dispositivos. Están conectados a través de un "Bus" central.



Ilustración 6: Arquitectura distribuida

Ventajas:

- ↑ Seguridad de funcionamiento.
- ↑ Posibilidad de ampliación y rediseño de la red.
- ↑ Fiabilidad de productos.
- ↑ Sensores y actuadores de tipo universal.
- ↑ Coste y cableados asequibles.

Inconvenientes:

- ↓ El inconveniente principal es que requiere de mucha programación.

- **Arquitectura mixta o híbrida**

En este tipo de arquitecturas se combinan las arquitecturas centralizadas, descentralizada y distribuida. De este modo, se puede utilizar un controlador central o varios controladores descentralizados.

En este caso los sensores y actuadores también se pueden utilizar como controladores; como en la arquitectura distribuida; por lo que son capaces de recoger, analizar y transmitir la información al resto del sistema domótico sin que tenga que pasar necesariamente por un controlador principal.

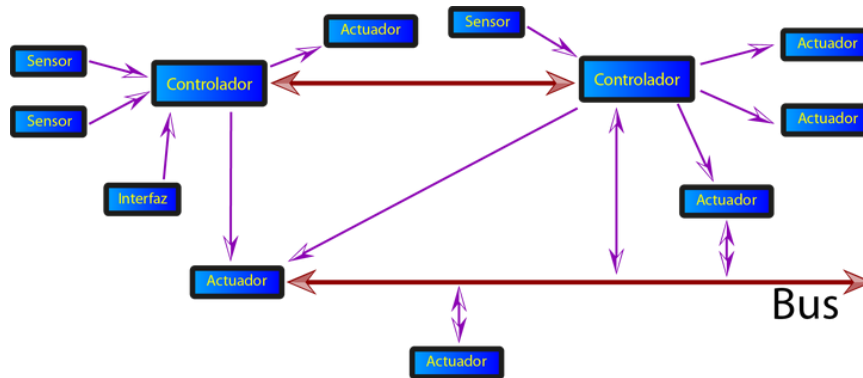


Ilustración 7: Arquitectura mixta o híbrida

Ventajas:

- ↑ Seguridad de funcionamiento.
- ↑ Posibilidad de rediseñar la red y facilidad de ampliación.
- ↑ Poco cableado.
- ↑ Fiabilidad de productos.

Inconvenientes:

- ↓ Constan de elementos de red que no son universales, por lo que hay limitación de mercado.
- ↓ Coste elevado.
- ↓ Se requiere una interfaz de usuario.
- ↓ Programación compleja.

2.5. Open-Hardware

El Open-Hardware conocido también como Hardware Libre o de código abierto engloba a los dispositivos cuyo diseño de hardware se hace de manera libre, filosofía que también es aplicable al software que lo habilita, realizada con el objetivo de que cualquiera pueda estudiarlo, modificarlo y distribuirlo.

El movimiento de hardware y software abierto permiten una libertad de acceso para todas las personas.

En cuanto a la realización de este trabajo se van a emplear hardware y software libres como Arduino y NodeMCU.

2.6. Sistemas de comunicación

Hay una amplia variedad de sistemas de comunicación para realizar un sistema domótico; en este caso se van a clasificar dependiendo de si hacen uso de cableado o no:

- **Inalámbricos**

En este tipo de sistemas de comunicación no se hace uso de cableado para transmitir la información ya que la información se envía mediante ondas de radiofrecuencia. Por otro lado, al tratarse de un dispositivo inalámbrico resulta más sensible a las interferencias.

- **Cableados**

En este tipo de sistema se transmite la información a través de cables. Esas instalaciones son muy eficaces ya que transmiten la información rápidamente. En estos sistemas cableados se distinguen dos tipos dependiendo de utilizar un cable exclusivo o compartido.

- **Cable exclusivo**

El uso de un cable exclusivo se caracteriza por funcionar únicamente para un sistema, haciendo uso de cables dedicados (BUS); estos son característicos del sistema estándar europeo KNX, que se explicará más adelante. Este tipo de cableado es más rápido y eficaz ya que al transmitirse la señal no existen interferencias debido a que cada sistema recibe la información a través de un cable sin compartir funciones, evitando así problemas de saturación e interferencias.

- **Cable compartido**

También conocido como *powerline*, se utiliza el cable de alimentación eléctrica normal para enviar las señales de control. Este tipo de sistema de control domótico pertenece al estándar X10, que también será explicado. Este tipo de sistema no es muy fiable debido a la inestabilidad que puede sufrir la señal; por lo que no se recomienda su uso para grandes sistemas de control.

- **Mixto**

Este tipo de sistema se trata de una combinación de instalaciones domóticas con cables e inalámbrico con la intención de aprovechar las ventajas de cada una. En este tipo de sistemas domóticos se usa un único control que se encarga de llevar la información al resto de dispositivos. Este intercambio de información se realiza mediante pasarelas de comunicación a través de cable o de manera inalámbrica, según cada caso.

Su uso se recomienda para sistemas domóticos grandes, en los que se ha de manejar una gran cantidad de funciones y datos.

2.7. Protocolos de comunicación actuales

Dado que actualmente no existe un único protocolo para la comunicación entre los dispositivos de un sistema domotizado, sí existen protocolos de comunicación

estandarizados, que como su propio nombre indica, son una serie de reglas que definen el modo en el que se transmite la información.

Por otro lado, se debe tener en cuenta la existencia de protocolos estándar y protocolos cerrados. En cuanto a los protocolos estándar, integran una amplia gama de equipos que permiten el diseño propio de la instalación; por otra parte, los protocolos cerrados son normalmente propiedad de la propia empresa que lo desarrolló, por lo que su uso está restringido a las personas que dispongan de la licencia.

Una consideración a tener en cuenta es la incompatibilidad, ya que normalmente en una misma red no se pueden conectar dos protocolos de comunicación distintos.

Los protocolos estandarizados actuales más empleados en el campo de la domótica son:

2.7.1. Sistemas X10

El sistema X10 es un protocolo de comunicación remoto para dispositivos, aprovechando para ello la instalación eléctrica ya existente de 220 V o 110 V de AC (de sus siglas en inglés Alternating Current, que se traduce al castellano como Corriente Alterna). Por lo que para su utilización no sería necesaria la instalación de cableado adicional, y dado que también pueden combinarse usándose a la vez señales de radiofrecuencia para que, de este modo, se pueda realizar un control inalámbrico.

Este protocolo fue desarrollado en 1975 por Pico Electronics of Glenroths (Escocia), con la intención de poder controlar los dispositivos domésticos de manera remota. Ésta, fue una de las primeras tecnologías domóticas en aparecer; su alcance en el entorno domótico es de 250 m², y consta de 256 direcciones soportadas por este protocolo.

Las señales de control de X10 se basan en la transmisión de ráfagas de pulsos de radiofrecuencia (120 KHz) que representan la información digital y que se inyectan a la red eléctrica, sincronizándolas con los cruces por cero de la señal de red (60 Hz). A esta técnica se le llama control por corriente portadora ("carrier current control").

Para la transmisión completa de un código X10 se necesitan once ciclos de corriente. En los dos primeros ciclos, se transmite el Código de Inicio. En los cuatro siguientes el Código de Casa (letras de la 'A' a la 'P') los otros cinco restantes transmiten el Código Clave a realizar, que puede ser Código Numérico de Dirección (1-16) o Código de Función. El Código de Casa con el Código Numérico de Dirección sirven para identificar a cualquiera de los 256 dispositivos que son admitidos en la red X10.

En la actualidad la versión más usada de este protocolo es la X10-PRO, desarrollado en 1978 por Sears Home Control System y Radio Shack Plug'n Power System (EEUU).

Resumen de características principales:

- Sistema descentralizado y configurable.
- Fácil de instalar.
- Fácil manejo para el usuario.
- Ampliable.
- Coste bajo.
- Compatibilidad con dispositivos X10 de diferentes fabricantes.

2.7.2. ZigBee

ZigBee es un protocolo de comunicación inalámbrico, desarrollado por la ZigBee Alliance (organización de más de 200 grandes empresas), que adopta el estándar para redes inalámbricas en el área personal (WPANs) IEEE 802.15.4. Se creó con la intención de conseguir una tecnología inalámbrica de bajo coste.

Se trata de una tecnología inalámbrica que opera en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2,4 GHz, 868 MHz en Europa y 915 MHz EEUU. Tiene una velocidad de transmisión de 250 Kbps (Kilobit por segundo) no muy alta, y un rango de cobertura de 10 a 100 metros. A pesar de coexistir en la misma frecuencia con otro tipo de redes su ejercicio no se ve afectado debido a su baja tasa de transmisión y, a características propias del estándar IEEE 802.15.4.

Además de lo expuesto, ZigBee tiene mayores posibilidades frente a otros protocolos inalámbricos, ya que permite usar hasta $2^{16}=65535$ nodos (número máximo de direcciones de red que se pueden asignar) distribuidos en subredes de 255 nodos.

Tras su aparición en 2004 y su gran éxito, el grupo ZigBee Alliance creó en 2007 la actual versión del protocolo llamada ZigBee PRO. Esta nueva versión es retrocompatible con los módulos anteriores y añade una nueva capa de protocolo; los Application Profiles. Estos Profiles permiten a los diseñadores de dispositivos ZigBee diseñar dispositivos capaces de comunicarse con equipos de otro fabricante. Esto resulta especialmente útil en el sector de la domótica, ya que se podría añadir conectividad ZigBee en algún dispositivo sin necesidad de diseñar el hardware de red.

Por esta razón, el primer Application Profile creado fue Home Automation (HA) para domótica, posteriormente aparecieron otros como Smart Energy (SE), Commercial Building Automation (CBA) o Personal Health and Hospital Care (PHHC).

En las redes ZigBee, según la colocación de los nodos, se diferencian tres tipos de topología de red:

- **Estrella:** donde el controlador se sitúa en el centro de la red.
- **Árbol:** el coordinador se sitúa en la raíz y todos los dispositivos cuelgan de él.
- **Malla:** esta topología es la más interesante ya que los nodos pueden estar comunicados a otros nodos, es decir, tendrá más de dos conexiones por lo que se crean numerosos caminos. Esta topología permite a los nodos actualizar la tabla de rutas, lo que aportando robustez y eficacia a la red; de este modo, si un nodo cae o falla, se puede seguir la comunicación gracias a sus posibilidades de reorganización.

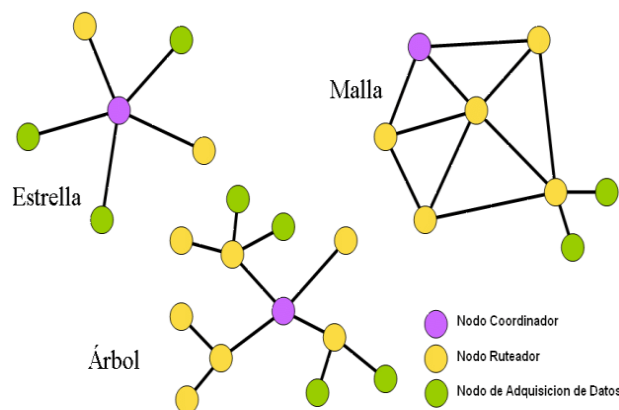


Ilustración 8: Disposición de nodos en redes ZigBee

Los nodos pueden desempeñar a su vez, tres roles distintos:

- **Coordinador (ZigBee Coordinator, ZC):** se trata de un nodo único que realiza las funciones de inicio, control y ruteo, por lo que requiere memoria y una gran capacidad de comunicación. El coordinador, es único en cada red y ha de situarse en el centro de una red en estrella o en la raíz de una red en árbol. El coordinador tiene un papel fundamental en la gestión de la seguridad de las comunicaciones ya que actúa como Centro de Confianza (Trust Center). Además, este nodo suele estar siempre conectado e integrado con un módulo de comunicación con conexión a Internet, lo que le permite enviar los datos recolectados por la red ZigBee a un servidor central.
- **Router (ZigBee Router, ZR):** se encarga de gestionar las rutas de comunicación entre dispositivos. En una red ZigBee puede haber más de un router.
- **Dispositivo final (ZigBee End Device, ZED):** son aquellos dispositivos que solo se comunican con un nodo de tipo router o coordinador, son los más sencillos de la red. No tienen capacidad para gestionar otros nodos finales. Normalmente van alimentados mediante baterías y pueden entrar en modo de bajo consumo, o sleep, para alargar la vida de la batería, volviéndose a conectar cuando sea necesario.

Cualquier nodo puede realizar cualquiera de las tres funciones dependiendo de la configuración y del entramado de la red. Aunque también existen nodos que ya vienen configurados con un solo tipo de función; pero en general los dispositivos se pueden configurar para realizar cualquiera de los roles.

Resumen de características principales:

- Bajo consumo y baja velocidad de transferencia de datos.
- Topología tipo malla.
- Tamaño reducido.
- Facilidad de integración de dispositivos.

2.7.3. KNX

Este protocolo estándar de comunicación se creó en 1999 con la unión de tres organizaciones basándose en la convergencia de los tres sistemas de comunicaciones: EIBA (European Installation Bus Association), EHSA (European Home System Association), BCI (BatiBus Club International). Este estándar de comunicaciones está gestionado por KNX Association. Hasta el año 2016, el texto de las especificaciones KNX se adquiría mediante el pago de una tarifa. Desde entonces, las especificaciones se pueden adquirir sin ningún coste, siendo necesario únicamente la creación de una cuenta en la web de KNX Association.

Está basado en el modelo de conexiones OSI (Open Systems Interconnection), para edificio inteligentes (domótica e inmótica). Este sistema de comunicación se caracteriza por utilizar un cableado propio y realiza las comunicaciones a través de bus de datos. El sistema KNX consta de distintos medios de transmisión física:

- **TP1 (par trenzado):** la señal es transmitida mediante un cable de bus separado, con una estructura jerárquica de líneas y áreas bien definidas. Heredado de BatiBUS y EIB Instabus.
- **PL110 (powerline o red eléctrica):** la señal es transmitida por una red eléctrica que ya existe. Heredado del sistema EIB y EHS y es bastante similar al empleado por el protocolo de comunicación X10.
- **RF (radio frecuencia):** la señal puede ser transmitida por señales de radio frecuencia y los dispositivos pueden ser unidireccionales o bidireccionales.
- **Ethernet/IP:** permite enviar tramas KNX encapsuladas en tramas IP. También se le conoce como EIBnet/IP o KNXnet/IP.

Estos medios de comunicación pueden unirse mediante acopladores; sin embargo, el medio de transmisión más utilizado en KNX es el TP1 (par trenzado), es decir, mediante un bus de control independiente.

Además, este protocolo de comunicación es abierto ya que cualquier fabricante puede integrar sus productos en el sistema, por otro lado, la red KNX se puede conectar a otros sistemas haciendo uso de las pasarelas adecuadas.

En cuanto a los diferentes elementos, KNX consta básicamente de 4 grupos:

- **Actuadores:** elementos del sistema que se conectan de manera física sobre los dispositivos a controlar. Hacen la traducción de las señales que viajan del sistema KNX al mundo físico, regulando o accionando los elementos o dispositivos.
- **Sensores:** son los encargados de interpretar las órdenes del usuario y de recoger la información. Algunos ejemplos pueden ser un pulsador o un termostato.
- **Pasarelas:** las pasarelas son una forma de unir otros sistemas que tengan otros protocolos de comunicación con el sistema KNX.
- **Acopladores:** estos realizan una separación dentro del bus consiguiendo agrupar los dispositivos en una sección o línea con unas características específicas para la cantidad de equipos, ubicaciones o funciones que haya.

En cuanto al software se distinguen dos tipos:

- **Software de gestión:** se utiliza para modelar los dispositivos y para su puesta en marcha. Es un programa que se encuentra, bajo la plataforma Windows, con el que se pueden relacionar actuadores con sensores y realizar las comunicaciones mediante el uso de pasarelas. Está creada y suministrada únicamente por la asociación KNX Association.
- **Software de control:** es el programa mediante el que se tiene acceso a la instalación para tener el control y poder realizar diversas funciones.

Una gran ventaja de este sistema es que tiene una arquitectura distribuida, por lo que no será necesario un controlador central para controlar la instalación; cada elemento del sistema dispone de su propia inteligencia y se encuentran intercomunicados entre ellos pudiendo intercambiar información; además esto permite realizar una rápida modificación de la instalación si fuera necesario.

Otra ventaja por destacar es la posibilidad de configurar todos los elementos mediante un software único; con este software se realizará el diseño, la programación del proyecto, la puesta en marcha, el mantenimiento y el diagnóstico de la instalación.

Resumen de características principales:

- Efectividad de funcionamiento al ser un sistema cableado.
- Componentes con independencia de fabricante.
- Facilidad de modificación.
- Facilidad de mantenimiento.

2.7.4. I2C

El protocolo de Circuito inter-integrado (I2C, del inglés Inter-Integrated Circuit) es un protocolo serie síncrono que usa solo dos cables, uno para el reloj (SCL, Serial CLock) y otro para el dato (SDA, Serial Data); también es necesaria una tercera línea, pero esta es solo la referencia (masa). Se trata de un tipo de bus diseñado por Philips Semiconductors (hoy en día NXP Semiconductors, parte de Qualcomm) a principio de los años 80.

Se desarrolló con el fin de controlar varios chips en televisores de manera sencilla. Actualmente se utiliza principalmente para la comunicación interna entre diferentes partes de un circuito.

Los dispositivos conectados al bus I2C tienen una única dirección para cada uno de ellos. De este modo a través de las direcciones se puede indicar el dispositivo al que afecta la transmisión estando todos conectados.

Existen dos elementos básicos dentro de este protocolo de comunicación:

- **Maestro:** pueden iniciar y parar una comunicación y gobiernan la línea de reloj (SCL). La información binaria serial se envía solo por la línea o cable de datos seriales (SDA). Pueden existir varios dispositivos con características de maestro y que pueden ir pasándose esa capacidad; por ello al bus I2C se le llama también multi-maestro (cuando se conectan varios dispositivos maestros a un mismo bus). Dos maestros no pueden hacer uso de un mismo puerto I2C y pueden funcionar de dos formas diferentes, como maestro-transmisor o maestro-receptor.

Sus funciones principales son:

- Iniciar la comunicación – S.
- Enviar 7 bits de dirección – ADDR.
- Generar 1 bit de Lectura ó Escritura – R/W.
- Enviar 8 bits de dirección de memoria.
- Transmitir 8 bits de datos.

- Confirmar la recepción de datos – ACK (ACKnowledged, se logra colocando la línea de datos a un nivel lógico bajo durante el transcurso del noveno pulso de reloj).
- Generar confirmación de No-recepción o NACK (No-ACKnowledged, cuando no se quieren recibir más bytes).
- Finalizar la comunicación.
- **Esclavos:** intervienen en la comunicación cuando son requeridos por el maestro, generalmente suelen ser un sensor. Este elemento suministra la información de interés al maestro y no puede generar a la señal SCL. Puede actuar de dos maneras, como esclavo-transmisor o como esclavo-receptor. Sus funciones principales son:
 - Enviar información en paquetes de 8 bits.
 - Enviar confirmaciones de recepción – ACK.

En cuanto a los modos de comunicación en I2C (tramas que se pueden formar en el bus) existen principalmente dos modos de comunicación:

- **Maestro-Transmisor y Esclavo-Receptor:** se utiliza cuando se desea configurar un registro del esclavo I2C.
- **Maestro-Receptor y Esclavo-Transmisor:** se utiliza cuando se quiere leer la información del sensor I2C.

El proceso de comunicación se realiza siguiendo los siguientes pasos.

1. El maestro inicia la comunicación con un patrón llamado "start condition". La línea de datos (SDA) toma un estado bajo mientras que la línea de reloj permanece alta; mientras los dispositivos esclavos entren en alerta a la espera de una transacción.
2. El maestro se dirige al dispositivo con el que se quiere comunicar y envía 1 byte, que contiene los siete bits (A7-A1) que constituyen la dirección del dispositivo esclavo con el que se comunicará; el octavo bit (A0) con el peso más bajo, corresponde con la operación deseada: Lectura (L) = 1 (recibir del esclavo) o Escritura (E) = 0 (enviar al esclavo).
3. Cada esclavo del bus compara la dirección enviada con la suya propia, si ambas coinciden, el esclavo se considera direccionado como esclavo-transmisor o esclavo-receptor dependiendo del bit R/W.
4. Cada byte leído/escrito por el maestro debe ser obligatoriamente reconocido por un bit de ACK por el dispositivo maestro/esclavo.
5. Cuando la comunicación finaliza, el maestro transmite una "stop condition" para dejar libre el bus. Estado en el que ambas líneas (SDA y SCL) están inactivas, presentando un estado lógico alto. Es el único momento en que un dispositivo maestro puede comenzar a hacer uso del bus de nuevo.

Resumen de características principales:

- Se requieren pocos cables de interconexión.
- Componentes con encapsulado reducido.
- Tarjetas reducidas.

- Conexión de dispositivos a distancia.
- Dispone de mecanismos para verificar que la señal hay llegado

3.Descripción del hardware empleado

En este capítulo se describirán las especificaciones técnicas de los dispositivos hardware empleados.

3.1. Arduino

El proyecto Arduino surgió en el año 2003, en el Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea (Italia), con el objetivo de diseñar una herramienta con la que poder realizar prototipos de forma rápida y sencilla.

Lo que ahora se conoce como Arduino, se trata de una plataforma de código abierto con un hardware y un software de fácil uso.

Este sistema se basa en el uso de una placa que normalmente consta de un microcontrolador AVR Atmel-8 bits, así como de diferentes puertos digitales y analógicos de entrada salida. Las placas utilizan pines de tipo hembra (de una o dos hileras) que facilitan el poder conectarse con otros circuitos.

La plataforma de Arduino se programa con un lenguaje de programación Processing, es decir, similar al C++. Por lo que es accesible para muchas personas, ya que se trata de un lenguaje de programación con propósito general que está asociado al sistema operativo UNIX.

Para la realización de este proyecto, entre la variedad de placas de Arduino que hay, se van a emplear las placas de Arduino Uno R3, basado en el microcontrolador ATmega328P y la placa de Arduino MEGA que utiliza el microcontrolador ATmega2560. Se ha decidido emplear estas placas debido a: su bajo coste, su plataforma abierta, la facilidad de uso y por la cantidad de sensores y actuadores compatibles que hay actualmente.

Hay que mencionar que, si el proyecto finalmente se llegara a realizar en la realidad, se podría hacer uso de las placas de Arduino Profesional que constan de las mismas prestaciones y características pero que también constan de mayores protecciones que las placas de Arduino convencionales.

3.1.1. Arduino UNO

Se trata de una placa basada en el microcontrolador ATmega328P; este modelo es bastante similar a los anteriores menos porque incorpora una autoselección del voltaje de alimentación (DC/USB) gracias a un chip MOSFET incluido en la placa.

- **Especificaciones técnicas y datos del fabricante**

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límite)	6-20 V
Pines digitales de E/S	14 (6 pueden usarse como salidas PWM)
Pines digitales PWM (Pulse Wide Modulation)	6

Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por pin de E/S	40 mA
Corriente DC por pin a 3.3 V	50 mA
Memoria Flash	32 KB, de los que 0.5 KB son usados por el bootloader o gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

Tabla 11: Especificaciones Arduino UNO

- **Microcontrolador ATmega328P**

El microcontrolador ATmega328P es un chip creado por Atmel (Microchip Technology Inc.) que pertenece a la serie megaAVR con una arquitectura AVR RISC de 8 bits y que consta de 28 pines, muchos de ellos con más de una función. Este microcontrolador de alta utilidad, combina una memoria flash ISP de 32 KB, con la capacidad de lectura y de escritura, EEPROM DE 1 KB y SRAM de 2 KB (indicados también en la Tabla 11).

Este microcontrolador consta de instrucciones que, en su mayoría, son ejecutadas en un solo ciclo de reloj, por ello, puede alcanzar un desempeño en torno a 1 MIPS para 1 MHz.

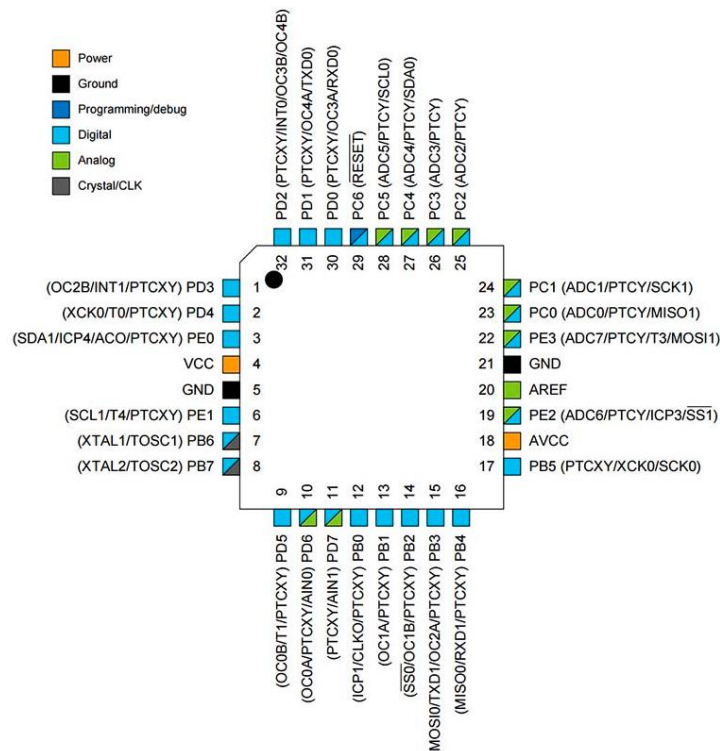


Ilustración 9: Pinout ATmega328P SMD

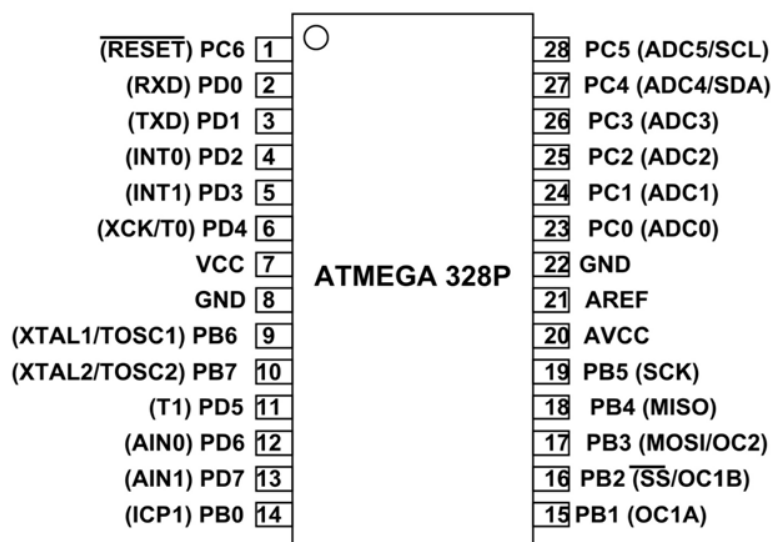


Ilustración 10: Pinout ATmega328P DIP

A continuación, se van a recoger las características y usos de los pines del microcontrolador, así como sus funciones secundarias:

Nº Pin	Nombre del Pin	Descripción	Función secundaria
1	PC6 (Reiniciar)	Pin6 de PORTC	Por defecto se usa como pin RESET. Solo podrá ser utilizado como pin E/S cuando su fusible RSTDISBL se encuentre programado.
2	PD0 (RDX)	Pin0 de PORTD	RXD (Pin de entrada de datos para USART) Interfaz de comunicación serial USART [Se puede usar para programar]
3	PD1 (TXD)	Pin1 de PORTD	RXD (Pin de entrada de datos para USART) Interfaz de comunicación serial USART [Se puede usar para programar] INT2 (Entrada de interrupción externa 2)
4	PD2 (INT0)	Pin2 de PORTD	Fuente de interrupción externa 0.
5	PD3 (INT1/OC2B)	Pin3 de PORTD	Fuente de interrupción externa 1.
6	PD4 (XCK/T0)	Pin4 de PORTD	T0 (Entrada de contador externo Timer0) XCK (E / S de reloj externo USART)
7	VCC	-	Conectado a voltaje positivo
8	GND	-	Conexión a tierra
9	PB6 (XTAL1/TOSC1)	Pin6 de PORTB	XTAL1 (Pin 1 del oscilador de reloj de chip o entrada de reloj externo) TOSC1 (Pin 1 del oscilador del temporizador)
10	PB7 (XTAL2/TOSC2)	Pin7 de PORTB	XTAL2 (Pin 2 del oscilador de reloj de chip) TOSC2 (Pin 2 del oscilador del temporizador)
11	PD5 (T1/OC0B)	Pin5 de PORTD	T1 (Entrada de contador externo Timer1) OC0B (PWM - Salida de temporizador / contador 0 Comparar salida de coincidencia B)
12	PD6 (AIN0/OC0A)	Pin6 de PORTD	AIN0 (Comparador analógico positivo I / P) OC0A (PWM - Salida de temporizador / contador 0 Comparar salida de coincidencia A)
13	PD7 (AIN1)	Pin7 de PORTD	AIN1 (I / P negativo del comparador analógico)

14	PB0 (ICP1/CLKO)	Pin0 de PORTB	ICP1 (Pin de captura de entrada del temporizador / contador 1) CLKO (Reloj del sistema dividido. El reloj del sistema dividido se puede emitir en el pin PB0)
15	PB1 (OC1A)	Pin1 de PORTB	OC1A (salida del temporizador / contador 1 comparar salida coincidente A)
16	PB2 (SS/OC1B)	Pin2 de PORTB	SS (Entrada de selección de esclavo SPI). Este pin es bajo cuando el controlador actúa como esclavo. [Interfaz periférica en serie (SPI) para programación] OC1B (Salida del temporizador / Contador 1 Comparar salida de coincidencia B)
17	PB3 (MOSI/OC2A)	Pin3 de PORTB	MOSI (Entrada esclava de salida maestra). Cuando el controlador actúa como esclavo, los datos son recibidos por este pin. [Interfaz periférica en serie (SPI) para programación] OC2 (Salida de Timer / Contador 2 Comparar salida de coincidencia)
18	PB4 (MISO)	Pin2 de PORTB	MISO (Entrada maestra, salida esclava). Cuando el controlador actúa como esclavo, este controlador envía los datos al maestro a través de este pin. [Interfaz periférica en serie (SPI) para programación]
19	PB5 (SCK)	Pin5 de PORTB	SCK (reloj serial del bus SPI). Este es el reloj compartido entre este controlador y otro sistema para una transferencia de datos precisa. [Interfaz periférica en serie (SPI) para programación]
20	AVCC	-	Energía para el convertidor ADC interno.
21	AREF	-	Pin de referencia analógico para ADC.
22	GND	-	Tierra
23	PC0 (ADC0)	Pin0 de PORTC	ADC0 (canal de entrada ADC 0).
24	PC1 (ADC1)	Pin1 de PORTC	ADC1 (canal de entrada 1 de ADC).
25	PC2 (ADC2)	Pin2 de PORTC	ADC2 (canal de entrada 2 de ADC).
26	PC3 (ADC3)	Pin3 de PORTC	ADC3 (canal de entrada 3 de ADC).
27	PC4 (ADC4/SDA)	Pin4 de PORTC	ADC4 (canal de entrada 4 de ADC). SDA (línea de entrada / salida de datos de bus serie de dos cables).
28	PC5 (ADC5/SCL)	Pin5 de PORTC	ADC5 (canal de entrada 5 de ADC). SCL (línea de reloj de bus serie de dos hilos).

Tabla 12: Pines y características microcontrolador ATmega328P

A modo de resumen y para que sea más fácil su comprensión y funcionamiento se van a recoger en la siguiente tabla las características principales de funcionamiento del microcontrolador:

Características de funcionamiento ATmega328P	
UPC	AVR de 8 bits
Número de pines	28
Voltaje de funcionamiento	1.8 V a 5.5 V
Número de líneas de E/S programables	23
Interfaz de comunicación	Interfaz serial maestro / esclavo SPI (17,18,19 PINS) [Puede usarse para programar este controlador]

	USART serial programable (2,3 PINS) [Puede usarse para programar este controlador] Interfaz serial de dos cables (27,28 PINS) [Se puede usar para conectar dispositivos periféricos como servos, sensores y dispositivos de memoria]
Módulo ADC	ADC de 6 canales con una resolución de 10 bits
Módulo temporizador	Dos contadores de 8 bits con preescalador independiente y modo de comparación, un contador de 16 bits con preescalador independiente, modo de comparación y modo de captura.
Comparadores analógicos	1 (12,13 PINES)
Módulo DAC	Nulo
Canales PWM	6
Oscilador externo	0-4 MHz a 1.8 V a 5.5 V 0-10 MHz a 2.7 V a 5.5 V 0-20 MHz a 4.5 V a 5.5 V
Oscilador interno	Oscilador interno calibrado de 8 MHz
Memoria flash	32 KB (10000 ciclos de escritura/borrado)
Velocidad de la CPU	1 MIPS para 1 MHz
RAM	SRAM interna de 2 Kbytes
EEPROM	EEPROM DE 1 Kbytes
Temporizador de vigilancia	Temporizador de vigilancia programable con oscilador integrado en el chip
Temperatura de funcionamiento	-40 ° C a 105 ° C (mínimo y máximo absolutos)

Tabla 13: Características de funcionamiento ATmega328P

- **Pines en Arduino UNO**

La placa de Arduino UNO consta de 14 pines de entrada/salida digital, cada uno de estos pines funcionan a 5 V y soportan 40 mA de corriente; además consta de una resistencia pull-up interna de 20-50 KΩ.

En cuanto a su estructura se puede ver en la Ilustración 11.

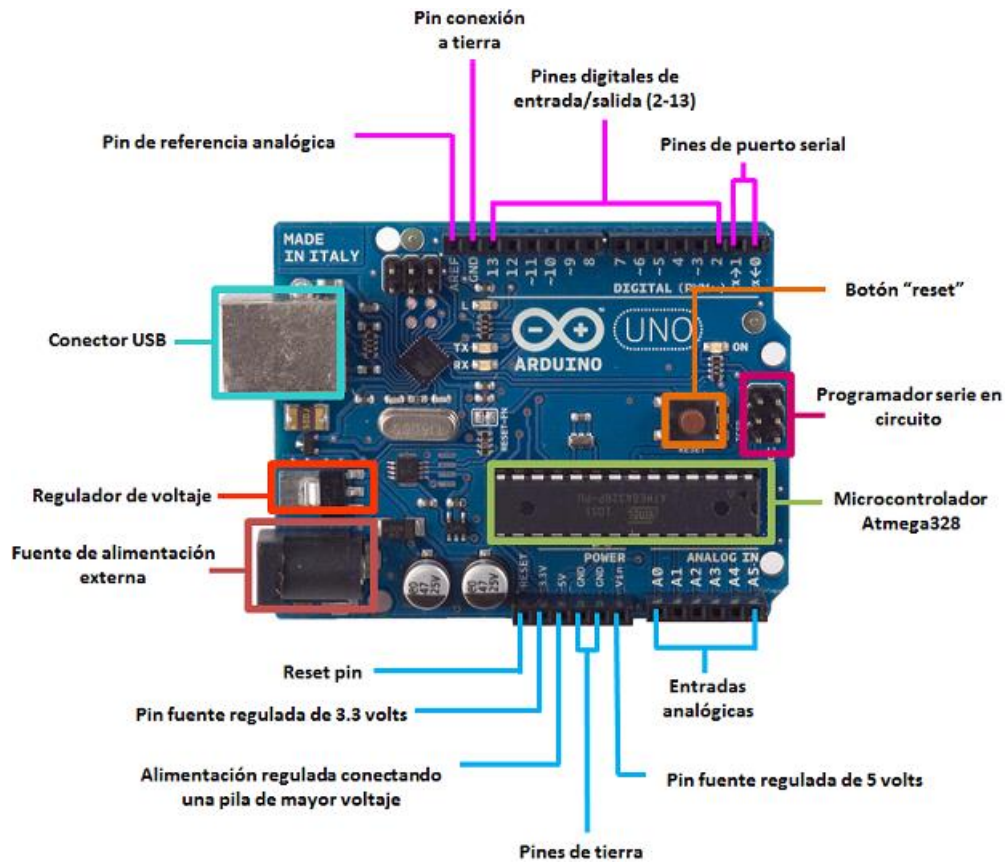
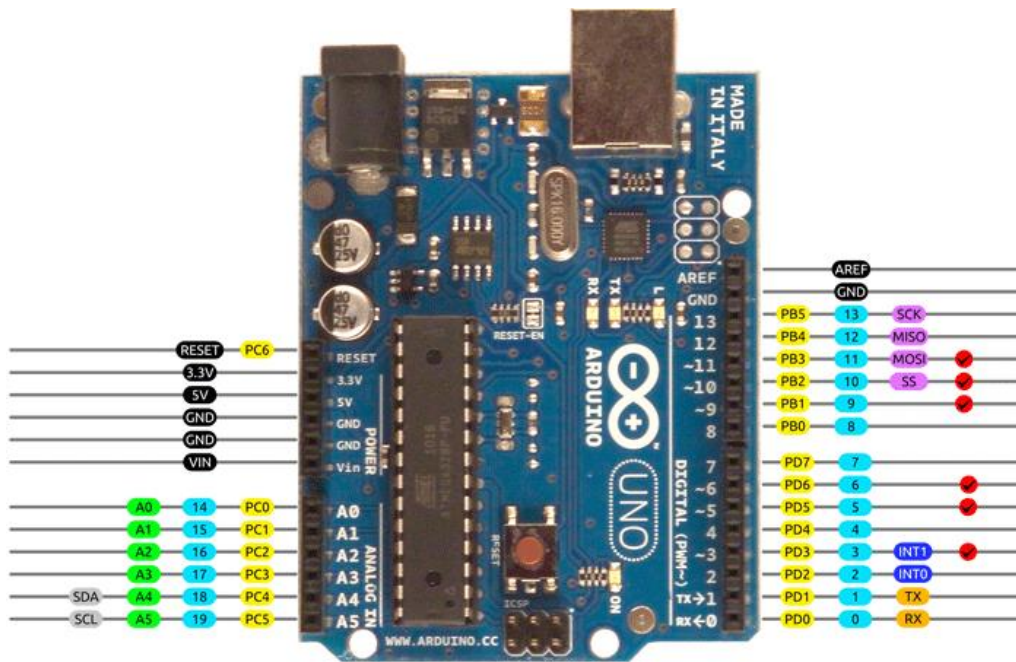


Ilustración 11: Estructura de Arduino UNO

En cuanto a los pines más relevantes para la realización de este proyecto son:

- Pines 0 al 13: Entradas/Salidas digitales
- Pines A0 al A5: Entradas/Salidas analógicas.
- Pin de 5 V: Proporciona una salida de 5 V.



AVR DIGITAL ANALOG POWER SERIAL SPI I2C PWM INTERRUPT

Ilustración 12: Pinout Arduino UNO

Sobre el resto de los pines de Arduino UNO y las funciones de cada uno de ellos, se explican a continuación en la siguiente tabla resumen:

Pin	Tipo/Función	Descripción
Vin, 3.3 V, 5 V y GND	Energía	<p>Vin: voltaje de entrada a Arduino usando una fuente de alimentación externa.</p> <p>5 V: fuente de alimentación regulada que se utiliza para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa.</p> <p>3.3 V: suministro de 3.3 V generado por el regulador de voltaje incorporado. El consumo máximo de corriente es de 50 mA.</p> <p>GND: toma tierra.</p>
Reset	Reiniciar	Se reinicia el microcontrolador.
Pines A0 al A5	Entradas/salidas analógicas	Utilizado para proporcionar una E/S analógica en el rango de 0-5 V. Pueden ser configurados como pines digitales
Pines 0 al 13	Entradas/salidas digitales	Pueden ser utilizadas como entradas o salidas.

Pin 0 (Rx) y Pin 1 (TX)	De serie	Utilizados para recibir y transmitir datos en serie TTL.
Pin 2 y Pin 3	Interrupciones externas	Para desencadenar una interrupción.
Pines: 3, 5, 6, 9, 10 y 11	PWM	Proporcionan una salida PWM de 8 bits.
Pin 10 (SS), Pin 11 (MOSI), Pin 12 (MISO) y Pin 13 (SCK)	SPI	Comunicación SPI.
Pin 13	LED	Enciende el LED incorporado.
Pin A4 (SDA) y Pin A5 (SCL)	TWI	
AREF	AREF	Es la referencia de voltaje para entradas analógicas.

Tabla 14: Funciones de los pines de Arduino UNO

3.1.2. Arduino MEGA

Por otra parte, para la realización de este trabajo se va a hacer uso también de la placa de Arduino MEGA 2560 que utiliza el microcontrolador ATmega2560 con la configuración de sistema mínimo (se utilizan los componentes mínimos para el microcontrolador).

- **Especificaciones técnicas y datos del fabricante**

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límite)	6-20 V
Pines digitales de E/S	54 (15 proporcionan salida PWM)
Pines de entradas analógicas	16
Corriente DC por pin de E/S	20 mA
Corriente DC por pin a 3.3 V	50 mA
Memoria Flash	256 KB, de los que 8 KB son usados por el gestor de arranque (bootloader)
SRAM	8 KB (ATmega2560)
EEPROM	4 KB (ATmega2560)
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	101.52 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	37 g

Tabla 15: Especificaciones Arduino MEGA

- **Microcontrolador ATmega2560**

Este microcontrolador está fabricado con tecnología CMOS de 8 bits y baja potencia, basado en la arquitectura RISC mejorada de AVR. Llevando a cabo la ejecución de las instrucciones en un solo ciclo de reloj, este microcontrolador consigue lograr rendimientos en torno a 1 MIPS por cada 1 MHz.

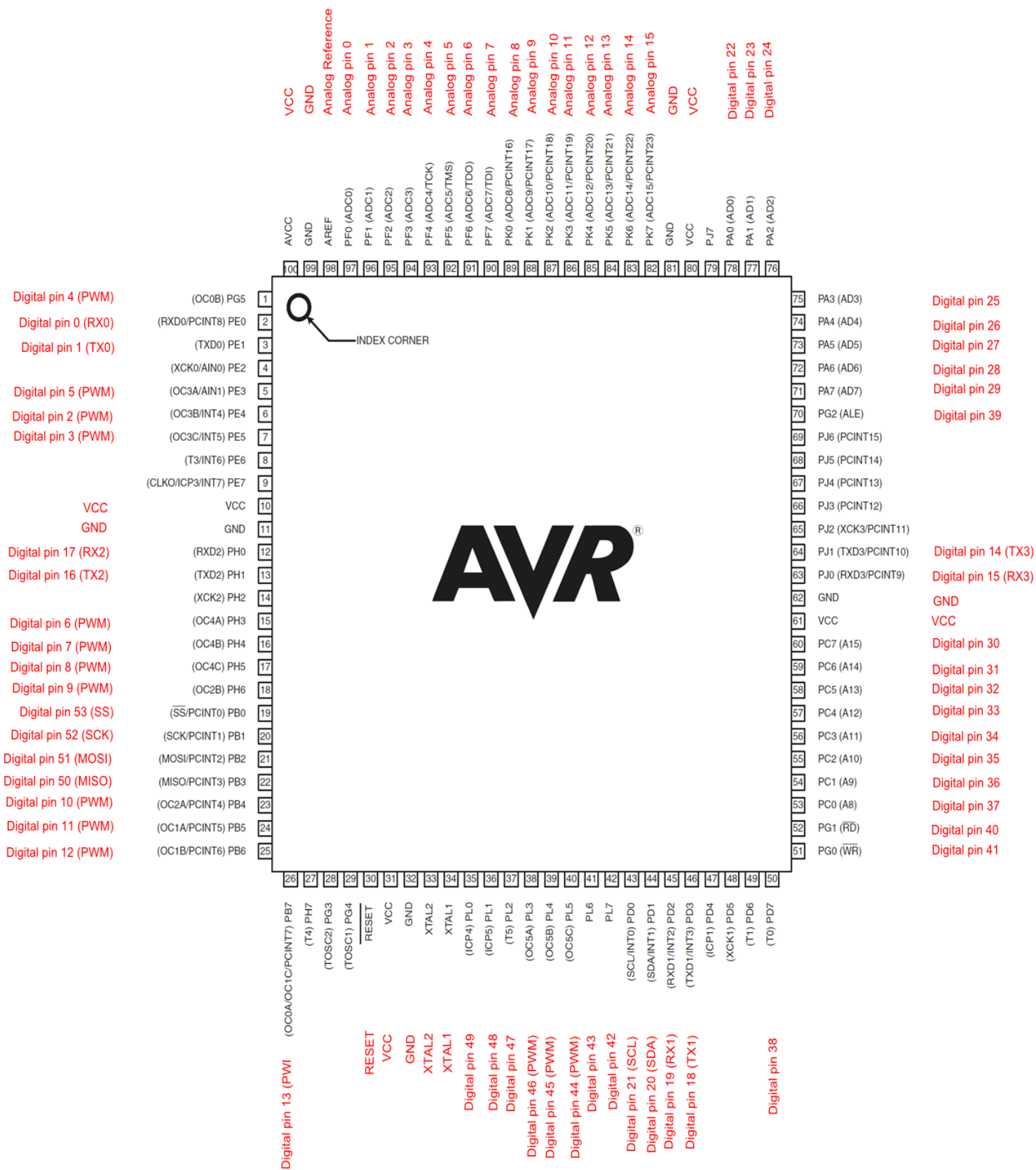


Ilustración 13: Pinout microcontrolador ATmega2560

Características de funcionamiento ATmega2560	
UPC	AVR de 8 bits
Número de pines	54
Voltaje de funcionamiento	1.8 V a 5.5 V
Módulo ADC	1 canal ADC con una resolución de 10 bits
Temporizadores	Consta de 2: 1 (2 x 8 bits) y 1 (4 x 16 bits)
Canales PWM	2
Memoria flash	256 KB
Velocidad de la CPU	1 MIPS para 1 MHz
RAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Frecuencia máxima	16 MHz
Temperatura de funcionamiento	-40 ° C a 85 ° C (mínimo y máximo absolutos)

Tabla 16: Características de funcionamiento ATmega2560

- **Pines en Arduino MEGA**

Esta placa consta de 54 pines digitales de entrada/salida, 16 entradas analógicas, un cristal oscilador de 16 MHz, conexión USB, botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa.

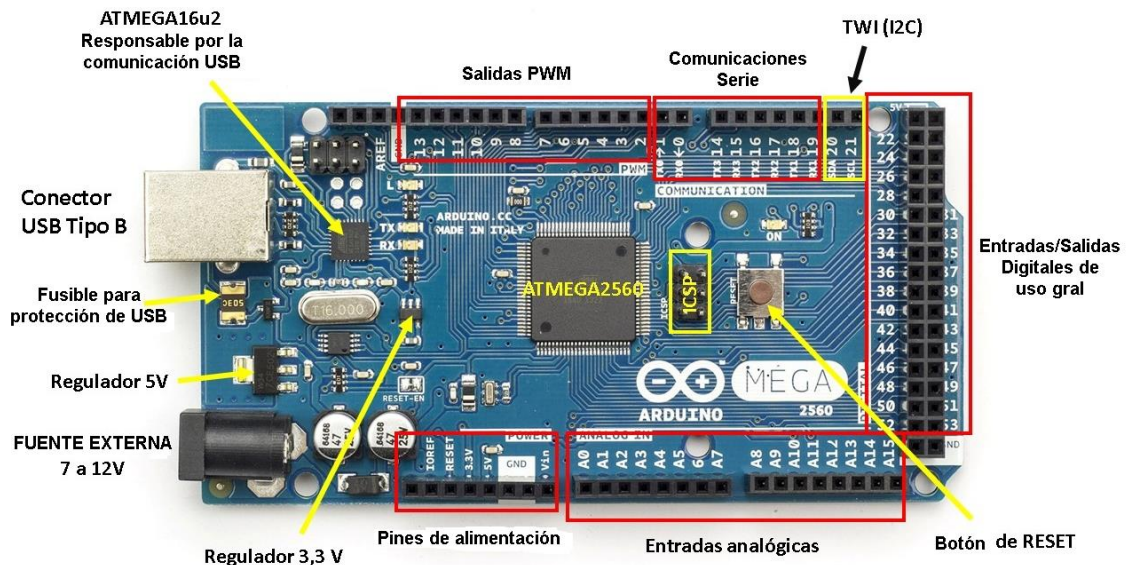


Ilustración 14: Estructura Arduino MEGA

En cuanto a los pines y sus funciones, algunos como Vin o reset no se volverán a explicar pues funcionan exactamente igual que en la placa de Arduino UNO, explicada en el apartado anterior.

La placa de Arduino MEGA 2560 consta de 4 puertos de comunicación serial:

- Serial: Transmisión (1) y Recepción (0).
- Serial: Transmisión (18) y Recepción (19).
- Serial: Transmisión (16) y Recepción (17).
- Serial: Transmisión (14) y Recepción (15).

Proporciona salida PWM de 8 bits en los Pines 2 a 13 y 44 a 46.

Tiene comunicación SPI en: el Pin 50 (MISO), Pin 51 (MOSI), Pin 52 (SCK) y el Pin 53 (SS). Estos pines SPI, se encuentran en el cabezal ICSP, que es compatible con la placa de Arduino UNO.

A la vez soporta también comunicación TWI en el Pin 20 (SDA) y Pin 21 (SCL)

Esta placa consta también de un LED integrado al pin digital 13; cuando la clavija tiene un valor ALTO el LED se enciende; por el contrario, si tiene un valor BAJO, el LED se apaga.

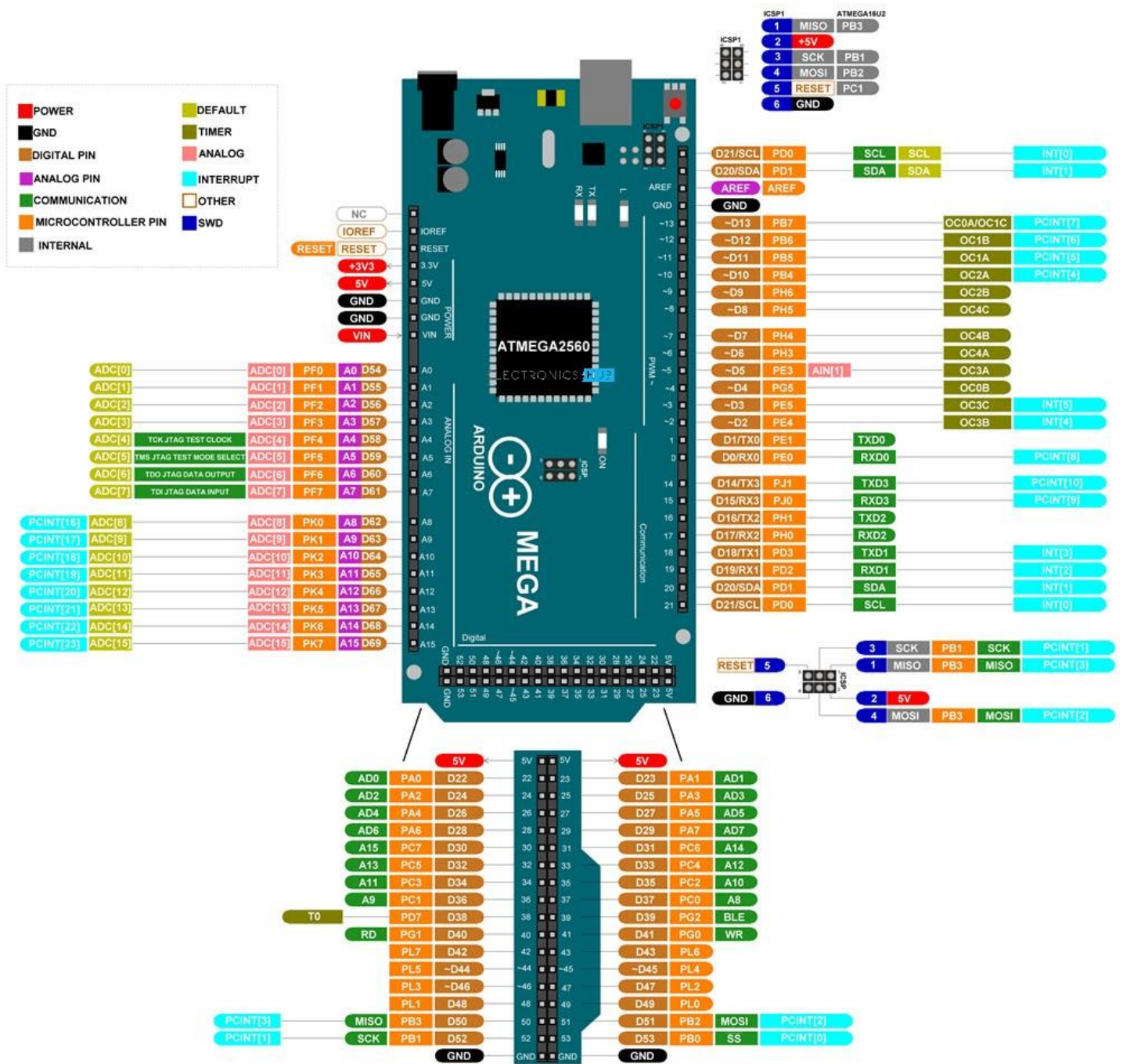


Ilustración 15: Pinout Arduino MEGA

3.2. NodeMCU

NodeMCU es una placa de desarrollo totalmente abierta tanto de software como de hardware, orientada al Internet de las cosas (IoT). La placa NodeMcu ESP8266 tiene como núcleo SoM ESP-12E que a su vez está basado en el SoC (System on a Chip) Wi-Fi ESP8266, que integra además el convertor USB-Serial TTL CP2102 y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación con el ordenador.

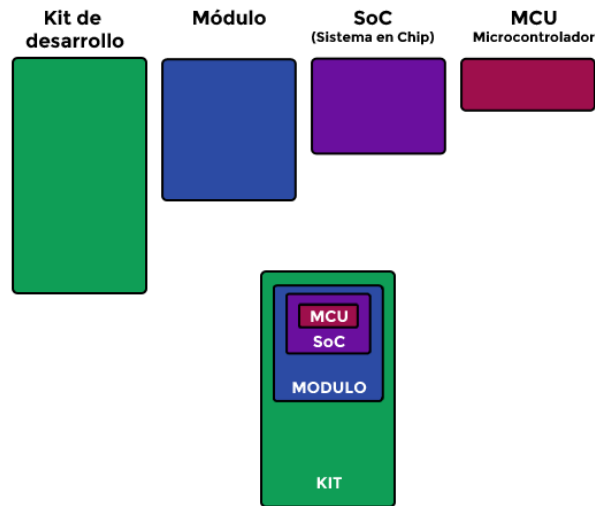


Ilustración 16: Esquema general placa NodeMCU

- **MCU**

En cuanto al MCU, va a ser el encargado de gestionar las entradas y salidas y se encuentra integrado dentro del SoC, al conjunto de SoC se le conoce como ESP8266. Dentro del SoC se encuentra integrado un microcontrolador, llamado Tensilica L106 de 32 bits. Este microcontrolador trabaja con una señal binaria de 80 MHz, pero puede llegar a alcanzar hasta los 160 MHz.

- **SoC ESP8266**

Sobre el SoC ESP8266 cuyo nombre técnico es ESP8266EX, se trata de un chip con casi todo integrado con la intención de que pueda funcionar de forma autónoma. Algo a tener en cuenta en el caso del ESP8266 es que no tiene una memoria para almacenar los programas. En cuanto a sus características:

- MCU con 32 bits
- Wifi a 2.4 GHz
- RAM de unos 50 KB
- Consta de 16 pines de entradas/salidas GPIO*
- Convertidor ADC de 10 bits
- Soporte para UART, SPI e I2C

* Los pines de entradas/salidas GPIO trabajan a 3.3 V, por lo que para poder conectarse con sistemas de 5 V será necesario usar convertidores de nivel.

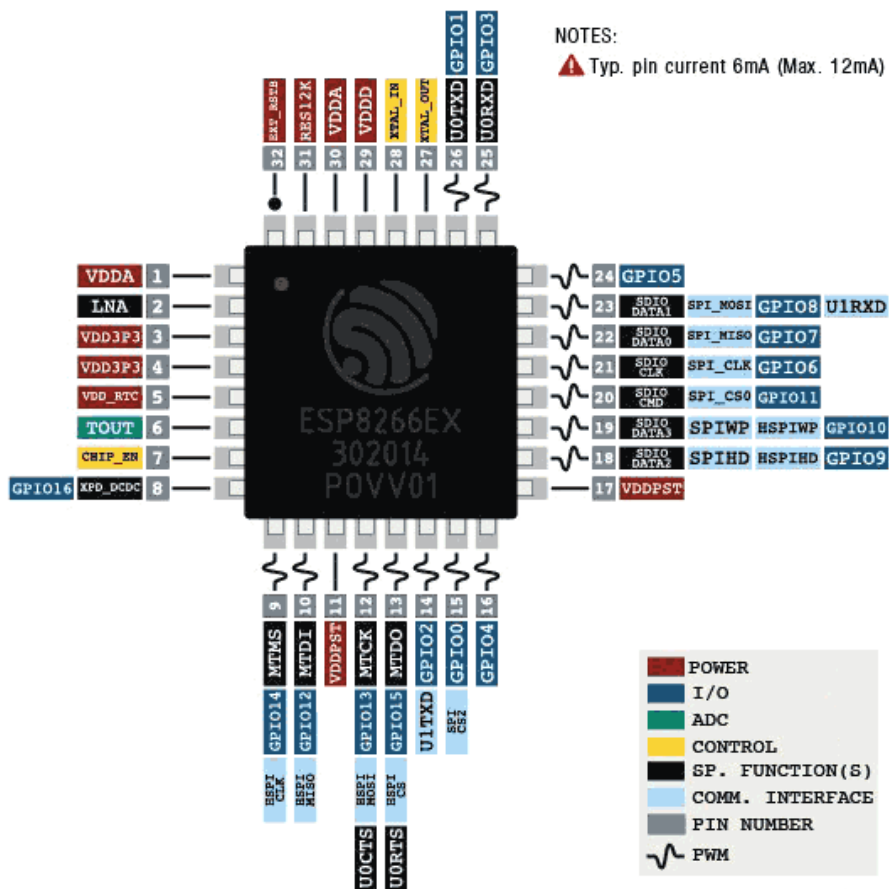


Ilustración 17: Pinout SoC ESP8266

- **Módulo**

De los diferentes módulos de ESP8266, se encuentra el ESP-12, módulo que es empleado para procesar la información e incorpora la memoria flash para almacenar los programas.

- **Kit de desarrollo**

En este último nivel se encuentran el kit, la placa y el resto de las componentes que permiten conectar y programar.

Por último, en cuanto a la placa de desarrollo, NodeMCU consta de un regulador de voltaje de 3.3 V en la placa, lo que hace posible alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines de 5 V y GND.

En la siguiente Imagen 17, se muestran los pines de la placa y su función; estos son:

- 13 pines digitales numerados del D0 al D12
- 1 pin analógico (A0)
- 3 pines de 3.3 V
- 1 pin de 5 V
- 4 pines de tierra (GND)

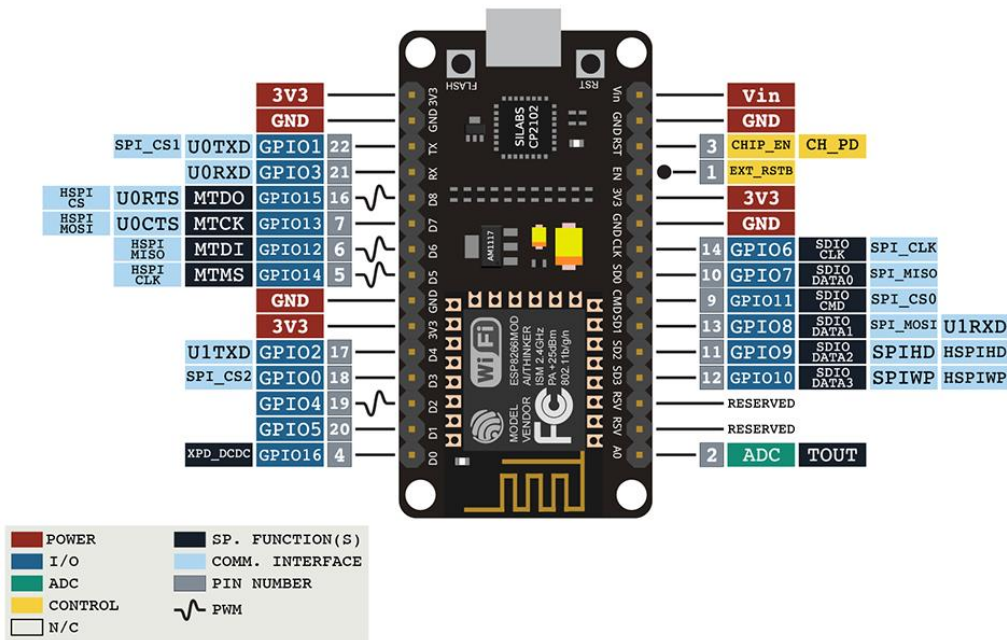


Ilustración 18: Pinout NodeMCU

Se ha decidido escoger esta placa ya que, a la hora de realizar la programación, esta cuenta con numerosas librerías hechas con el fin de realizar proyectos de domótica en el hogar.

3.3. Raspberry Pi 3

En el proyecto, no será necesario el uso de la raspberry pi 3 para realizar la conectividad con el hub debido a que se va a hacer uso del protocolo ZigBee. Pero, no obstante, al tratarse de un proyecto de fin de grado y pensando en la modificación o realización de trabajos futuros con este proyecto, la raspberry pi es una solución que también se podría adoptar si se quisiera realizar el sistema basado en el open-hab. En ese caso, esta placa sería necesaria para realizar la instalación el HomeAssistant, por lo que se ha considerado importante la explicación de sus características y funcionamiento.

- **Especificaciones técnicas y datos del fabricante**

La raspberry pi se trata de un ordenador en forma de tarjeta, llamados también ordenadores de placa única u ordenadores de placa simple de bajo coste (SBC). Fue desarrollado en Reino Unido por la compañía Raspberry Pi Foundation. El modelo 3 de este conjunto de placas ha sido escogido en este caso por las mejoras que incorpora y por la asequibilidad de su precio en el mercado.

Chipset del procesador	Procesador Broadcom BCM2837 ARMv8 de 64 bits y cuatro núcleos
GPIO	40 pines
RAM	1 GB (LPDDR2 SDRAM)
Velocidad del procesador	1.2 GHz
Velocidad del reloj de la memoria	1.4 GHz
Almacenamiento	MicroSD
Puertos USB	4

Ethernet	Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)
HDM1 (vídeo/audio)	1
RCA (vídeo/audio)	1
Puerto CIS	1 cámara
Puerto DSI	1 pantalla táctil
Puertos de comunicación I2C	2
Wifi	Sí
Bluetooth	4.1 Low Energy
Peso	60 g
Dimensiones	85 x 56 x 17 mm

Tabla 17: Especificaciones Raspberry Pi 3

- Pines**

En cuanto a las partes que componen esta placa-ordenador, se pueden observar en la Ilustración 18, asimismo, se adjunta también en la Ilustración 19 el pinout de la GPIO.

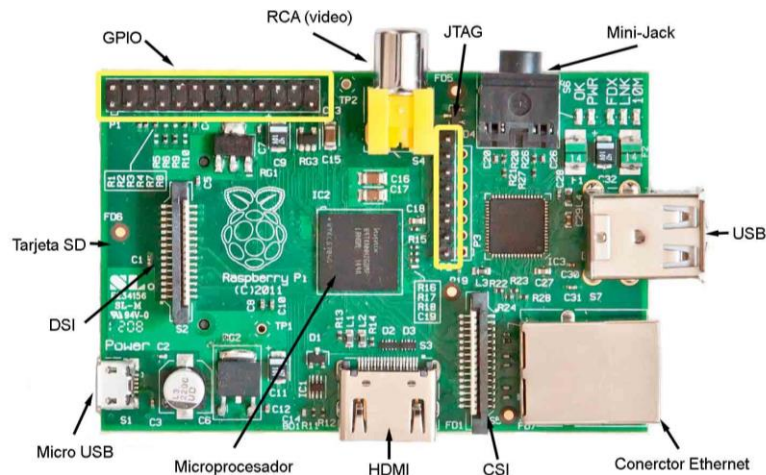


Tabla 18: Estructura Raspberry Pi

3.3V PWR	1	2	5V PWR
GPIO2 (SDA1, I2C)	3	4	5V PWR
GPIO3 (SCL1, I2C)	5	6	GND
GPIO4 (GPIO_GCLK)	7	8	(UART_TXD0) GPIO14
GND	9	10	(UART_RXD0) GPIO15
GPIO17 (GPIO_GEN0)	11	12	(GPIO_GEN1) GPIO18
GPIO27 (GPIO_GEN2)	13	14	GND
GPIO22 (GPIO_GEN3)	15	16	(GPIO_GEN4) GPIO23
3.3V PWR	17	18	(GPIO_GEN5) GPIO24
GPIO10 (SPI0_MOSI)	19	20	GND
GPIO9 (SPI0_MISO)	21	22	(GPIO_GEN6) GPIO25
GPIO11 (SPI0_CLK)	23	24	(SPI_CE0_N) GPIO8
GND	25	26	(SPI_CE1_N) GPIO7
ID_SD (I2C EEPROM)	27	28	ID_SC (I2C EEPROM)
GPIO5	29	30	GND
GPIO6	31	32	GPIO12
GPIO13	33	34	GND
GPIO19	35	36	GPIO16
GPIO26	37	38	GPIO20
GND	39	40	GPIO21

Tabla 19: Pinout GPIO de la Raspberry Pi

3.4. Sensores empleados

En el siguiente apartado, se pasará a explicar los sensores empleados en la realización del trabajo, así como algunas de sus características principales y pinout.

3.4.1. Relé

En la realidad, un relé se comporta como un interruptor pero que en lugar de accionarse de forma manual se activa de forma electrónica. Los relés son aptos tanto para accionar cargas de corriente alterna como de corriente continua.

En este trabajo se haría uso de los módulos de relé para poder controlar la alimentación de dispositivos que trabajen con 250 V.

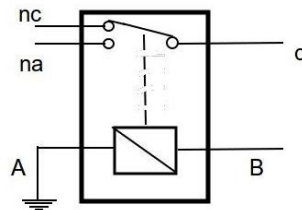


Ilustración 19: Diagrama de un relé

Un relé ha de conectarse a la placa de Arduino mediante tres pines. Estos tres pines coinciden con la tensión de entrada (VCC) que deberá conectarse a la entrada de 5 V; una conexión a tierra (GND) y un pin a través del cual se le indicará al relé si está abierto o cerrado. Este último pin se puede conectar a cualquiera de los pines digitales.

Por otro lado, se ha de conectar el cable del aparato que se quiera controlar; normalmente los aparatos eléctricos suelen tener 2 o 3 cables. El cable de color negro es la fase (L) por donde llega la energía; el cable de color azul es el neutro (N) es la salida de energía de vuelta hacia la fuente y por último algunos aparatos constan además de un cable de color verde y amarillo o color marrón que se trata de la toma a tierra.

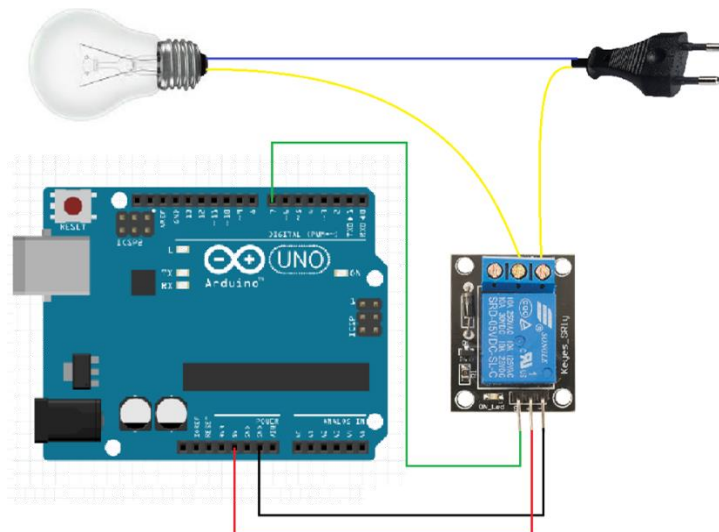


Ilustración 20: Conexiones placa Arduino con módulo relé

3.4.2. Sensor de temperatura y humedad

Para la realización de este proyecto, se ha escogido emplear el sensor digital de temperatura y humedad DHT22 también conocido como AM2302. Se ha escogido este modelo ya que supone una gran mejora en cuanto a sus características técnicas con respecto al DHT11, debido a que tiene un mayor rango de medida y una mayor precisión.

El DHT22 viene ya calibrado de fábrica e integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor. A la vez cuenta con un procesador interno que es el encargado de realizar el proceso de medición. Los datos se muestran mediante una señal digital en el pin de datos.

En cuanto a sus pines, el sensor solo necesita tres pines para poder funcionar; en la Ilustración 21, se muestra su distribución:

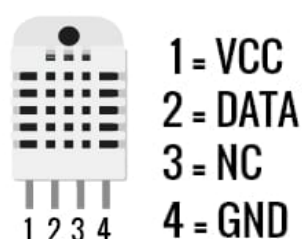


Ilustración 21: Pinout sensor DHT22

En cuanto a sus características y especificaciones técnicas se van a recoger en la siguiente tabla:

Alimentación	3 V – 5 V
Consumo máximo	2.5 mA (realizando la conversión)
Frecuencia de muestreo	0.5 Hz (1 vez cada 2 s)
Período de detección promedio	2 s
Señal de salida	Señal digital a través de bus único
Rango medición de temperatura	-40 °C a 80 °C
Precisión medición de temperatura	±0.5 °C
Resolución temperatura	0.1 °C
Rango de medición de humedad	0 a 100% RH (Humedad Relativa)
Precisión medición humedad	2% RH (Humedad Relativa)
Resolución humedad	0.1%RH
Intercambiabilidad	Totalmente intercambiable
Dimensiones	Tamaño pequeño 14x18x5.5 mm Tamaño grande 22x28x5 mm
Peso	3 g
Carcasa	Plástico blanco
Coste	No muy elevado

Tabla 20: Características sensor DHT22

En cuanto a las conexiones necesarias, se muestran en la siguiente Ilustración 22, de forma explicativa donde se ha conectado el sensor DHT22 a la placa de Arduino UNO.

La resistencia pull-up ha de tener un valor de entre 4.7 K Ω y 10 K Ω .

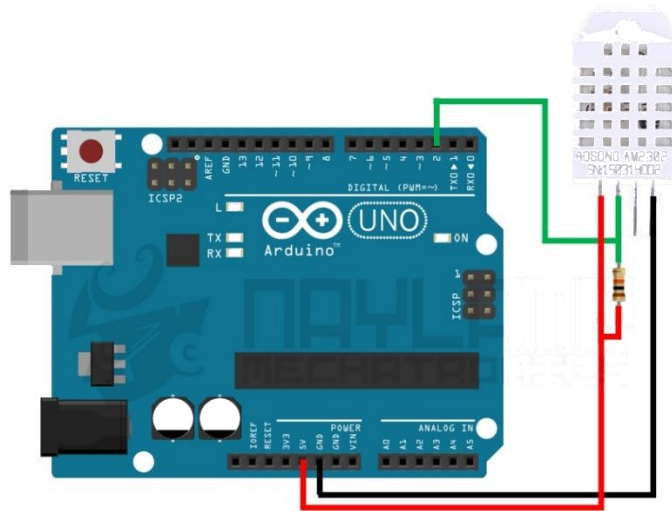


Ilustración 22: Diagrama de conexiones placa Arduino UNO con sensor DHT22

Si se deseará trabajar con 3.3 V se deberá de cambiar el pin 1 del sensor (la alimentación) a dicho voltaje; en cuanto al uso del pin digital se puede usar cualquiera de los pines digitales de los que dispone la placa de Arduino; en el caso de la Ilustración 22, se ha empleado el pin digital 2.

3.4.3. Sensor de corriente

El sensor escogido es el ACS712, que trabaja internamente con un sensor de efecto Hall y bajo offset junto con un canal de conducción; cuando la corriente fluye por ese canal genera un campo magnético producido por la inducción de la corriente en la línea que se esté midiendo; ese campo magnético es detectado por el sensor Hall y es convertido en tensión.

Este sensor tiene tres versiones; y el rango de corriente que se puede medir y la sensibilidad varían dependiendo del modelo que se emplee. En la siguiente tabla se resumirán las características de cada modelo:

Modelo	Rango	Sensibilidad
ASC712ELCTR-05B-T	-5 A a 5 A	185 mV/A
ACS712ELCTR-20A-T	-20 A a 20 A	100 mV/A
ACS712ELCTR-30A-T	-30 A a 30 A	66 mV/A

Tabla 21: Modelos sensor de corriente ACS712

Para la realización de este trabajo, se ha escogido emplear el sensor ACS712ELCTR-20A-T que tiene un rango de corriente de 20 A y una sensibilidad de 100 mV/A.

El sensor entrega una salida de voltaje que es proporcional a la corriente; para una corriente de 0 A, el sensor entrega 2.5 V, incrementando proporcionalmente según la sensibilidad. Por lo que existe una relación lineal entre la salida de voltaje del sensor y la corriente que lo atraviesa; esta relación se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$V = \text{Sensibilidad} \cdot \text{Intensidad} + 2.5$$

Ecuación 1: Ecuación de la recta

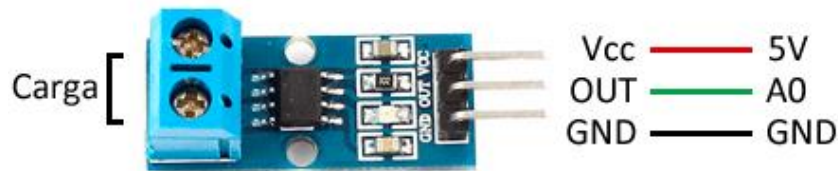


Ilustración 23: Pines del sensor ACS712

El sensor ACS712 consta de una bornera para conectar la línea que se quiera medir, y tres pines; un pin se utiliza para conectar la alimentación (5 V); otro pin es la masa a tierra (GND) y el pin central se emplea para la salida analógica.

En cuanto a las conexiones con la placa, se muestra en la siguiente Ilustración 24 a modo de ejemplo:

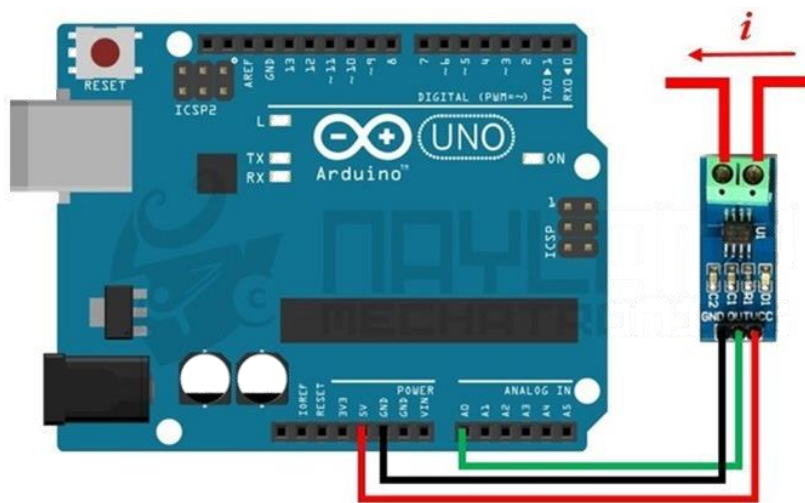


Ilustración 24: Diagrama de conexiones placa Arduino UNO con sensor ACS712

3.4.4. Sensor magnético

El sensor escogido, es el MC38 que es para circuitos NC (Normalmente Cerrado), eso quiere decir que cuando las dos partes del sensor estén en contacto se cierra el interruptor y manda un 1 lógico; por el contrario, cuando ambas partes están separadas se manda un 0 y se abre el interruptor.

En cuanto a sus características y especificaciones técnicas:

Salida del sensor	Analógica
Voltaje de alimentación máximo	100 V
Corriente máxima	0.5 A
Potencia nominal	3 W
Distancia de activación mínima	15 mm
Distancia de activación máxima	25 mm
Temperatura de trabajo	-26 ° C a 71 ° C
Largo del cable	25 cm
Peso	16 g
Material	Plástico ABS

Tabla 22: Características y especificaciones técnicas sensor magnético MC38

El sensor está compuesto por dos cables, uno para la alimentación y otro cable para indicar el estado en el que se encuentra. El imán se debe montar en la ventana o puerta de manera que estén ambos en contacto cuando esta se encuentre cerrada.

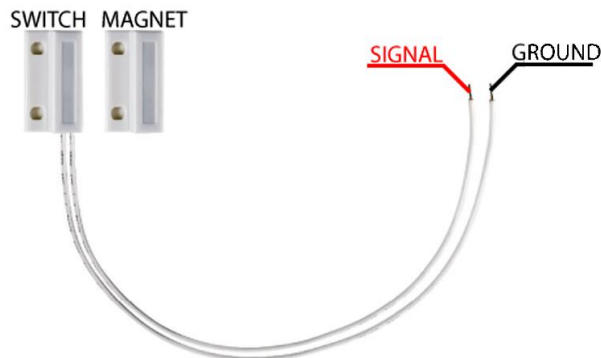


Ilustración 25: Cables del sensor MC38

3.5. Módulo XBee Shield

Los módulos XBee utilizan el protocolo IEEE 802.15.4 conocido como ZigBee, que ya ha sido explicado en el capítulo 2, de esta memoria.

Existen módulos XBee de hasta 3 series distintas; para la realización de este trabajo se va a emplear un módulo de la serie 2 (ZB) ya que es compatible con XBee Shield, una tarjeta desarrollada por MCI Electronics que simplifica la tarea de conectar un módulo XBee con Arduino.

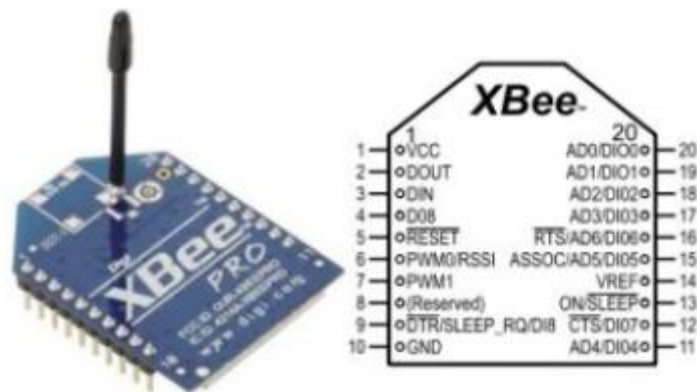


Ilustración 26: Ejemplo pinout módulo 2 (versión PRO) de XBee

La alimentación del módulo XBee será desde la placa de Arduino, gracias al regulador de voltaje de 3.3 VDC que incorpora en la Shield para poder alimentar el módulo desde los 5 V de la placa de Arduino.

Los pines seriales (DIN y DOUT) del módulo XBee están conectados a un switch SPDT, con lo que se puede conectar a la UART (D0 y D1) o a los pines digitales 2 y 3 de la placa de Arduino.

La tarjeta de XBee Shield contine LEDs que indican la alimentación de los pines DIN, DOUT, RSSI y DIO5. El botón de reset de la placa de Arduino se reposiciona en este shield y tiene una grilla con perforaciones.

La tarjeta XBee Shield viene con los headers pero sin soldar, por lo que es necesario soldarlos. Los dos headers con los que viene la placa son con cabezales de tipo hembra de 10 pines (como el de la Ilustración 27).

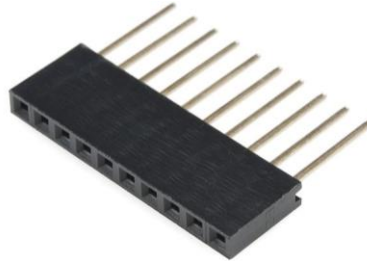


Ilustración 27: Ejemplo header hembra de 10 pines separados 2.54 mm

En el módulo XBee Shield consta de dos jumpers, pero no vienen configurados, por lo que para su configuración deberán de seguirse los siguientes pasos:

El pin DOUT del módulo XBee tendrá que estar conectado al pin RX del microcontrolador; y el DIN (del módulo XBee) tiene que estar conectado al TX. Respectivamente los pines RX y TX han de estar conectados a los mismos pines RX y TX del chip FTDI. Con esto, el microcontrolador puede comunicarse directamente con el ordenador mediante el USB y enviar los datos; a la vez se puede enviar la información de forma inalámbrica gracias al módulo XBee. El microcontrolador solo será capaz de recibir los datos desde el módulo XBee, pero no desde el USB del ordenador.

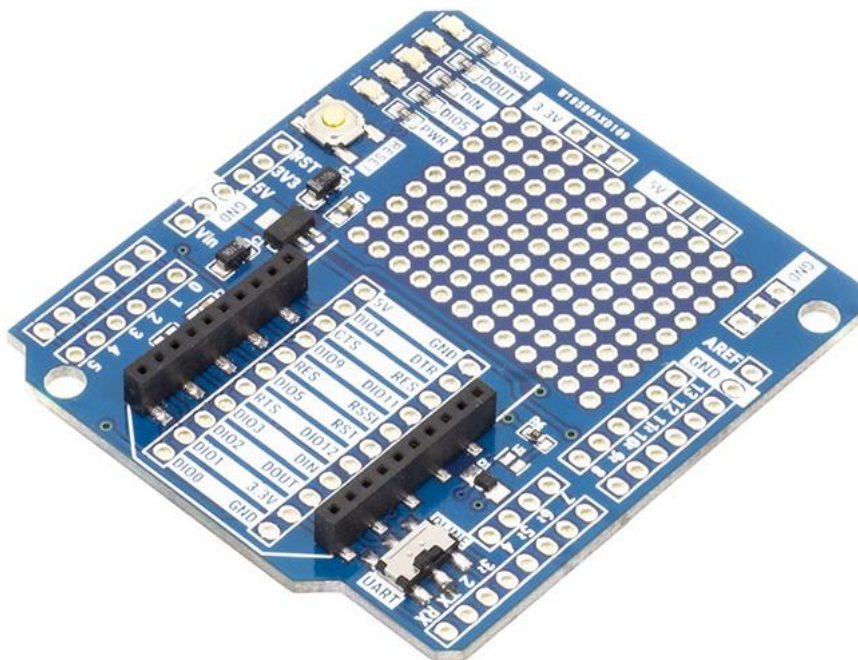


Ilustración 28: Tarjeta XBee Shield

A modo de resumen de las características principales de la tarjeta de XBee Shield:

- La tarjeta XBee Shield se puede montar en Arduino sin necesidad de cables.
- Regulador de 3.3 V integrado en la tarjeta XBee Shield.
- Consta de un botón de reset.
- LEDs indicadores de estado para. Alimentación, DIN, DOUT, RSS y DIO5.
- Permite comunicación inalámbrica.

4.Descripción de la solución adoptada

En este apartado se explicarán los métodos por los que se lleva a cabo la comunicación entre los diferentes dispositivos para poder llevar a cabo la instalación domótica en todo el hogar.

La comunicación escogida, ha sido planteada con la intención de utilizar la menor cantidad de cables posible; siendo inevitable la necesidad de una comunicación cableada entre las dos principales placas de comunicación. Por lo que, para ello se ha empleado el sistema de comunicación I2C y a la vez el sistema ZigBee mediante el uso de la placa XBee Shield (de este mismo protocolo).

4.1. Antena ZigBee

Dado que se ha escogido el sistema de comunicación ZigBee para llevar a cabo parte de la comunicación del sistema domótico, se ha de escoger también el tipo de antena para propiciar dicha comunicación, con ayuda de la placa XBee Shield y del módulo de XBee PRO (de la serie 2).

Para ello, se van a explicar las diferentes alternativas de antes disponibles en el mercado para realizar la comunicación:

- **Chip Antenna:** como su propio nombre indica se trata de un pequeño chip conectado al módulo de XBee; es el método más rápido, sencillo y barato.
- **Wire Antenna (Whip Antenna):** se trata de un pequeño cable que sobresale un poco del módulo de XBee.
- **U. FL. Antenna:** se trata de un pequeño conector donde se puede conectar una antena. Pensado, sobre todo, para sistemas que se encuentren en cajas y se desea que la antena quede fuera.
- **Trace Antenna:** también se la conoce con el nombre de PCB Antenna, está hecha con pistas en la propia PCB.

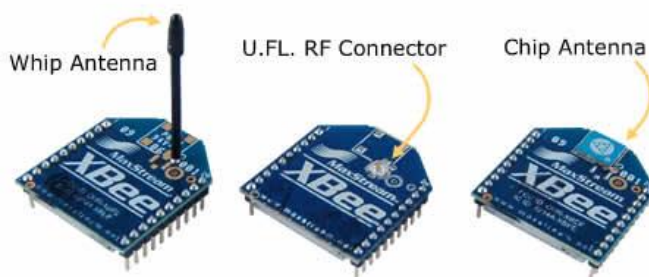


Ilustración 29: Tipos de antenas para módulos XBee

Tras exponer las posibles opciones, se ha escogido emplear Wire Antenna, con la intención de poder dejar al aire la antena y que se capten mejor las señales enviadas al interfaz de usuario.

La placa de Arduino, junto con el módulo de la serie 2 de XBee, la tarjeta de XBee Shield y la antena, formarían el conjunto que se aprecia en la Ilustración 30:



Ilustración 30: Comunicación ZigBee

4.2. Comunicación entre dispositivos

El sistema de automatización propuesto sigue la estructura de comunicación expuesto en la Ilustración 31. Se ha establecido la conexión entre las dos placas mediante cableado y haciendo uso del protocolo de comunicación I2C; por otro lado, el sistema de comunicación empleado para transmitir la información hasta el usuario es el protocolo ZigBee mediante el uso de la placa XBee Shield y el módulo 2 de XBee.

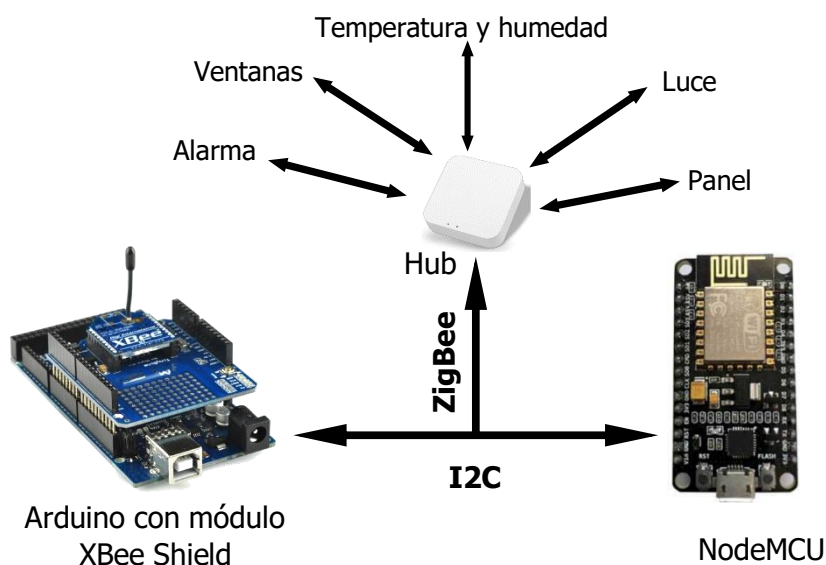


Ilustración 31: Comunicación entre dispositivos

5. Componentes del sistema

En este apartado, se van a explicar los sistemas domotizados de la vivienda, con el fin de que sea el propio usuario el que tome las decisiones y administre los datos. Por ello, se van a explicar las diferentes conexiones de los circuitos, cómo se comunican entre ellos, así como la funcionalidad de cada uno de ellos.

5.1. Control de iluminación

Para realizar el control de la iluminación se han empleado luces LEDs ya que aportan una mayor eficiencia energética a la vez que consumen menos cantidad de potencia.

Ya que un LED de 800 lúmenes puede consumir entre 9 W y 12 W; mientras que una lámpara incandescente puede consumir 60 W. Además, los LED funcionan en MBT (Muy Bajas Tensiones) y en bajas temperaturas, por lo que se calienta menos que las lámparas más convencionales.

Para su uso en el hogar, se instalarán unos interruptores reguladores de luz con los que el usuario podrá escoger la intensidad de la luz que desee.



Ilustración 32: Interruptor regulador de luz

Para el cableado de las luces dentro del hogar, se hará mediante la placa de Arduino MEGA y la placa NodeMCU, que se explica en el siguiente apartado con la intención de aprovechar al máximo el cableado y que no sea necesario implementar otro circuito aparte.

5.2. Control de temperatura y humedad

En este apartado, al igual que en el apartado se van a explicar las conexiones necesarias para llevar a cabo el control del cierre automático de las ventanas, en caso de que se detecte una temperatura o humedad prefijando los valores en los que se quiere que dicha ventana se cierre. Asimismo, como se mencionaba en el apartado anterior, las luces también han sido implementadas dentro del siguiente circuito con la intención de aprovechar los sistemas instalados en el hogar.

En primer lugar, hay que destacar la necesidad de utilizar un level shifter o cambiador de nivel, en los dos circuitos que se van a explicar, para cambiar el voltaje de 5 V a 3.3 V necesario para las conexiones con la NodeMCU.

En la siguiente Ilustración 33 se muestra el pinout del cambiador de nivel empleado:

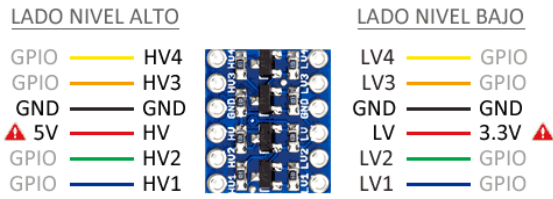


Ilustración 33: Pinout cambiador de nivel

Para llevar a cabo el control de la temperatura y humedad de la vivienda o del exterior de la misma, se ha empleado el sensor DHT22 que es conectado a la placa de Arduino MEGA mediante el pin digital número 10 (D10). La comunicación I2C entre las placas de Arduino MEGA y la placa de NodeMCU se realizará mediante los pines digitales 20 (D20) y 21 (D21) de la placa de Arduino MEGA y los pines D1 y D2 de la placa NodeMCU.

Adicionalmente, y como ya ha sido comentado en el apartado anterior, se ha utilizado este circuito también para el cableado de las luces desde el pin digital 0 (A0) hasta el pin digital número 6 (A6), donde se han puesto unos LEDs simulando las luces del hogar.

En la Ilustración 34 se puede observar el resultado final de dichas conexiones:

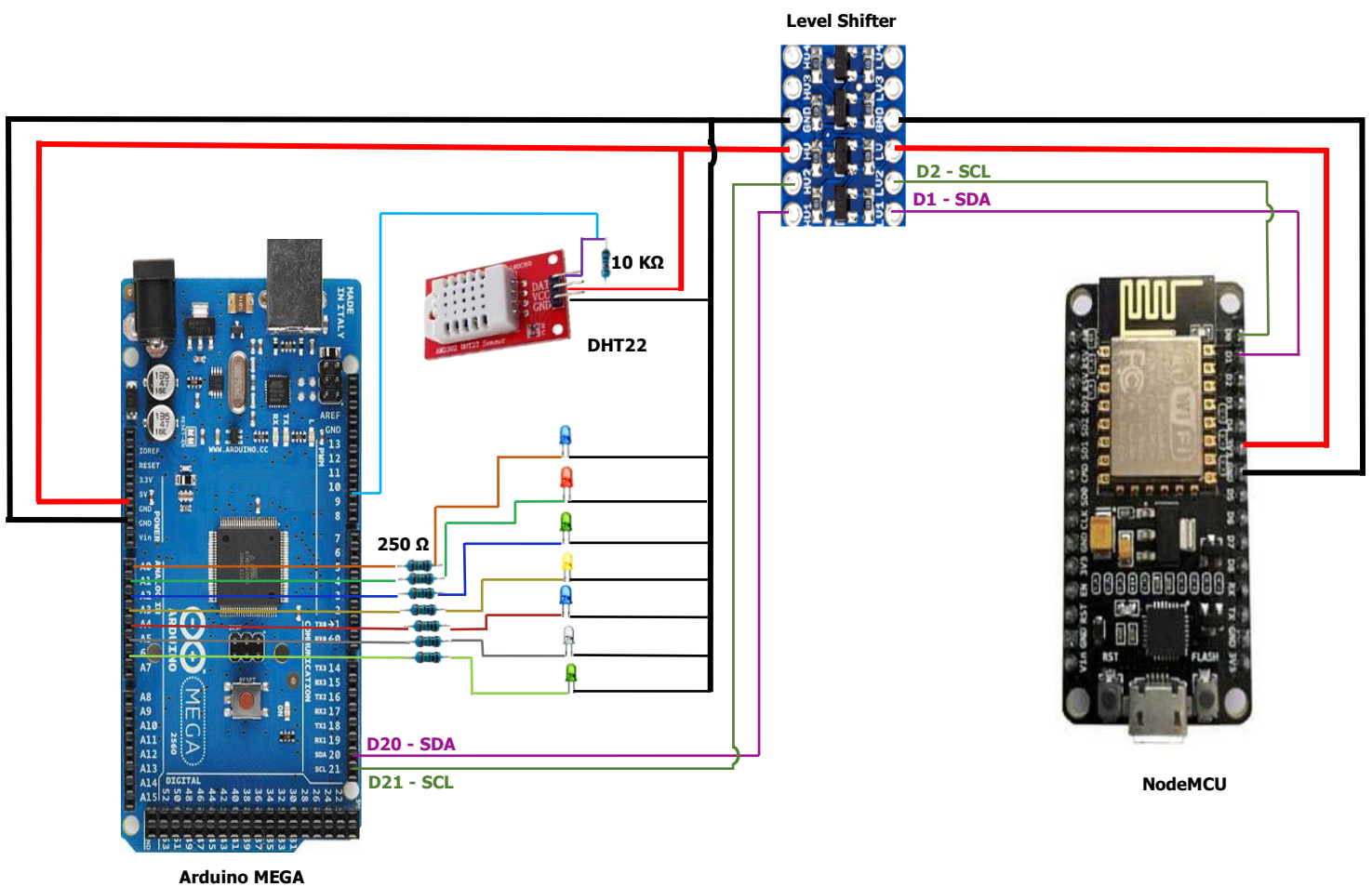


Ilustración 34: Conexiones Arduino MEGA - NodeMCU

5.3. Control de ventanas

En este apartado, al igual que en el apartado anterior se van a explicar las conexiones necesarias para llevar a cabo el control del cierre de las ventanas, pero con la intención de que sea siempre el propio usuario el que tenga el control de estas.

Para este sistema se van a emplear las placas de Arduino UNO y la placa NodeMCU.

En cuanto a la placa de Arduino MEGA, se va a hacer uso del pin de 5 V de alimentación, así como del pin GND (tierra). La comunicación I2C entre las placas de Arduino UNO y la placa NodeMCU se realizará mediante los pines analógicos A4 (SDA) y A5 (SCL) de la placa del Arduino UNO, y los pines D1 (SDA) y D2 (SCL) de la placa NodeMCU.

Otros pines necesarios de utilizar en este sistema son el pin analógico A3 que irá conectado a la salida analógica (patilla central) del sensor de corriente ACS712. En cuanto al módulo relé será necesario conectarlo tanto a la toma de corriente (5 V), como a la toma de tierra (GND) y también se conectará a un pin digital de Arduino UNO, en este caso se ha realizado la conexión al pin número 7.

En cuanto a las conexiones necesarias para el uso del sensor MC38, al tratarse de un sensor crítico, se ha conectado a la placa NodeMCU, haciendo uso del level shifter o cambiador de nivel ya que el sensor trabaja con 5 V.

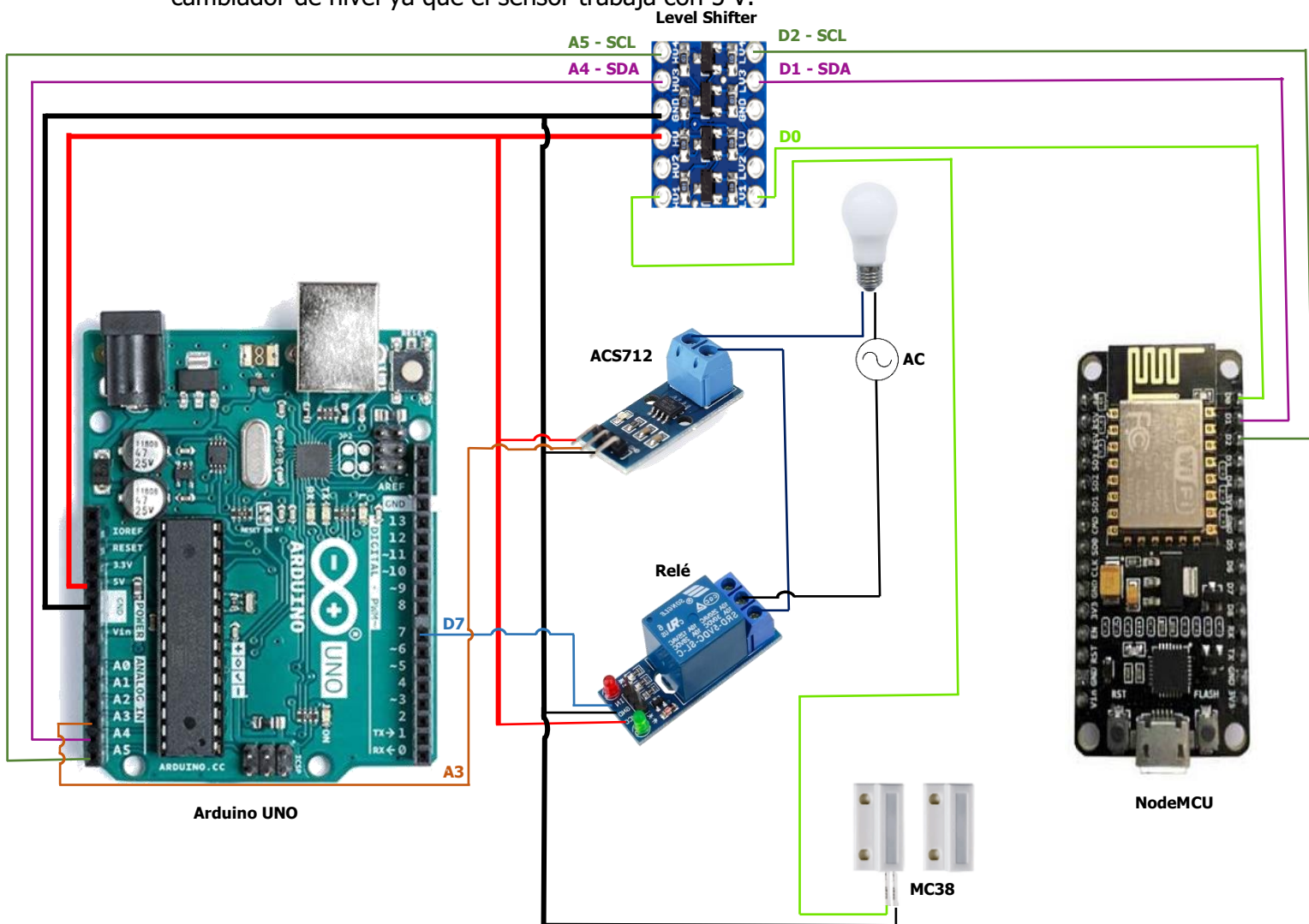


Ilustración 35: Conexiones Arduino UNO – NodeMCU

5.4. Hub del sistema

El hub se trata de un puente o conector entre diferentes dispositivos y que será el centro de la vivienda domótica y actuará como coordinador. A la hora de escoger este elemento es muy importante fijarse en la compatibilidad entre dispositivos debido a las restricciones puestas por las marcas a sus productos. Por ello, también conviene fijarse en las recomendaciones de los fabricantes para el correcto funcionamiento.

La solución por la que se ha optado en este proyecto, esta pensada bajo la posibilidad de que el hub deje de tener soporte o quede bloqueado; por ello al utilizar un protocolo de comunicación, se va a emplear el hub de este mismo protocolo.

En particular se va a emplear uno de los últimos modelos de hub ZigBee 3.0 debido a que hay mayor compatibilidad de dispositivos al agruparse las mejoras anteriores en esta nueva versión.



Ilustración 36: Hub Tuya ZigBee

El modelo escogido es el Tuya ZigBee Smart Gateway Hub Smart Home Bridge, en cuanto a sus características: es capaz de conectar productos de ZigBee y de Tuya Wifi (como sensores, interruptores, alarmas, etc.), llegando a poder conectar un máximo de 50 dispositivos en él y se puede controlar desde el mismo teléfono móvil mediante la aplicación Tuya o Smart Life (disponibles tanto en Google Play como en la App Store) o mediante la instalación de una pantalla (interfaz), con el que el usuario se comunicará.

En cuanto a sus características y especificaciones técnicas:

Adaptador de salida	5 V ; 1 A
Protocolo	IEEE 802.11
Conexiones inalámbricas	ZigBee
Frecuencia Wifi	2.4 GHz
Aplicación	SmartLife/Tuya
Número máximo de dispositivos	50
Temperatura de trabajo	-10 ° C a 55 ° C
Humedad de trabajo	10 % a -90 % (sin condensación)
Dimensión	60 x 60 x 10 mm
Material	Plástico ABS

Tabla 23: Características y especificaciones técnicas Tuya ZigBee hub

5.5. Alarma

A modo de tener una medida de seguridad en el hogar, se va a instalar una alarma del mismo protocolo seguido (ZigBee) y de la misma marca que el hub (marca Tuya), para asegurar el correcto funcionamiento, al tratarse de una parte clave en el sistema para otorgar seguridad.



Ilustración 37: Elementos de la alarma

Se ha optado por el uso de una alarma que puede ser inalámbrica o ir conectada a la corriente mediante un adaptador, en función de las necesidades o los gustos del usuario. Al poder usarse de manera inalámbrica, esta alarma lleva una batería integrada recargable con una capacidad de 500mAh; con esto se consigue mayor seguridad ya que si falla la electricidad, la batería ayuda a mantener aun así el hogar seguro ya que la alarma seguiría funcionando.

A la vez esta alarma consta de luces LED's y de un altavoz integrados con los que dar la señal de alarma al usuario. Cuando se detecta un peligro, la alarma de luz y sonido envía 85 dB y destellos a la vez que transmite la información al usuario mediante la aplicación.

Al tratarse de un modelo de la marca Tuya, al igual que con el hub, se puede controlar mediante la misma aplicación que el hub, es decir descargando la aplicación Tuya o Smat Life para móvil; desde esta aplicación se puede agregar dispositivos, ver las notificaciones, compartirlas o incluso crear automatizaciones.



Ilustración 38: Aplicación para móvil Tuya

En cuanto a sus características y especificaciones técnicas:

Batería	500 mAh
Protocolo	IEEE 802.15.4
Conexiones inalámbricas	ZigBee 3
Frecuencia Wifi	2.4 GHz
Aplicación	SmartLife/Tuya
Sonido de alarma	85 dB
Temperatura de trabajo	-10 ° C a 50 ° C
Humedad de trabajo	0 % a 95 % RH (sin condensación)
Dimensión	80 x 80 x 34 mm
Fuente de alimentación dual	Alimentado mediante adaptador de corriente o batería integrada

Tabla 24: Especificaciones y características Alarma

5.6. Interfaz con el usuario

Para la comunicación directa con el usuario, y a fin de que sea el mismo el que tome las decisiones de los aparatos domotizados, se va a instalar un panel multifuncional inteligente de Orvibo MIXPADS ya que hace uso del protocolo ZigBee, permitiendo acciones tanto por voz como por teléfono, o mediante el uso de la pantalla táctil. Asimismo, con este panel se podrán llevar a cabo las funciones de los sistemas de luz, se podrá realizar el control de las ventanas, así como gestionar la temperatura y humedad dentro del hogar observando los valores que se muestran por pantalla. Al hacer uso del protocolo ZigBee, toda la vivienda queda comunicada mediante este protocolo con las señales que le lleguen desde la placa de Arduino (con el módulo XBee y la placa XBee Shield) y gracias sobre todo al hub de Tuya escogido, que permite la compatibilidad entre diferentes dispositivos.



Ilustración 39: Panel multifuncional inteligente de Orvibo MIXPADS

En cuanto a algunas de las características y especificaciones a destacar de este panel:

- Fuente de alimentación de 220 V.
- Procesador Quad-core ARM Cortex-A7.
- Espacio de almacenamiento de 1 GB de RAM y 4 GB de ROM.
- Micrófono dual con un rango de 7 m.
- Altavoz incorporado.
- Pantalla táctil con resolución de 720 x 720.
- Sensor de luz con ajuste automático de brillo.
- Sensor de presencia con un rango de 10-15 m.
- Número máximo de dispositivos 255.
- Sistema operativo compatible con Android/iOS.

6. Conclusiones y futuros trabajos

Gracias a la realización de este proyecto, se ha podido experimentar un crecimiento en aspectos estudiados durante los años de carrera, así como adquirir nuevos conocimientos dentro del campo de la domótica. Asimismo, durante la realización del mismo se han podido comprender el funcionamiento de los sistemas de domotización y la complejidad de su comunicación.

En cuanto a la instalación domótica realizada, es viable y cumple con las normativas. Cabe destacar que al utilizar como protocolo de comunicación el protocolo ZigBee, uno de los protocolos más extendidos, no será difícil encontrar sistemas compatibles para la vivienda, lo que abre un mundo de posibilidades diferentes a gusto del usuario. Sobre todo, teniendo en cuenta que, en los últimos años, ZigBee ha sacado al mercado su tercera versión, con mayor compatibilidad entre diferentes dispositivos de diversas marcas.

Ciertamente, este tipo de viviendas no son asequibles para todas las personas, pero con este trabajo se pretende intentar que esto no sea así siempre. Se ha realizado el trabajo, dividiéndolo en módulos por lo que, si solo se quisiera implementar una parte de la instalación, también se podría realizar sin ningún problema.

Asimismo, en vistas a posibles proyectos futuros, se ha explicado también diferentes métodos, como la Raspberry pi 3 que en caso de no querer realizar la instalación haciendo uso de un protocolo en especial, como es este caso, se pueden desempeñar las mismas funciones haciendo uso de otro hub pero con una mayor especificación en la materia. Por ello, con este trabajo se pretende visualizar la dificultad de este campo debido a que no hay un único protocolo, ni una única forma de realizarlo. Esto otorga una mayor flexibilidad a la hora de escoger cómo se quiere realizar, pero también supone un impedimento pues se debe asegurar la compatibilidad entre dispositivos y en muchos casos se requiere una previa programación de alto nivel. Aun así, nunca queda esta opción cerrada, puesto que esto se trata de un proyecto de tipo docente.

Referencias

- [1] **Componentes de un sistema domótico.** <https://domoticaudem.wordpress.com/componentes-de-un-sistema/>
- [2] **Elementos en sistemas de comunicación.** <https://domoticaintegrada.com/instalaciones-domoticas/>
- [3] **Arquitecturas.** <https://domotizados.co/arquitectura-de-los-sistemas-domoticos/>
- [4] **Arduino.cc** <https://www.arduino.cc/>
- [5] **Protocolos de comunicación para domótica.** <https://www.monografias.com/trabajos104/protocolos-domotica/protocolos-domotica.shtml>
- [6] **ZigBee.** <https://domoticaencasa.es/que-es-zigbee/>
- [7] **ZigBee seguridad.** <https://www.incibe-cert.es/blog/seguridad-comunicaciones-zigbee>
- [8] **ZigBee ventajas.** <https://www.vencoel.com/que-es-zigbee-como-funciona-y-caracteristicas-principales/>
- [9] **KNX.** https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_es.pdf
- [10] **Protocolo KNX.** <https://www.hogarsense.es/domotica/domotica-knx>
- [11] **Protocolo I2C.** <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/07/09/i2c/>
- [12] **I2C.** <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/>
- [13] **Comunicación BUS I2C.** <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/ComunicacionBusI2C.pdf>
- [14] **DataSheet Arduino MEGA.** <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>
- [15] **Arduino MEGA características.** <https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>
- [16] **Proyecto Arduino.** <https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>
- [17] **DataSheet Arduino UNO.** <https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>
- [18] **Arduino UNO características.** <https://descubrearduino.com/arduino-uno/>
- [19] **Proyecto Arduino.** <https://proyectoarduino.com/arduino-uno-r3/>
- [20] **DataSheet ATmega328P.** https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf
- [21] **DataSheet ATmega2560.** <https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/107092/ATMEL/ATMEGA2560.html>
- [22] **NodeMCU.** <https://naylorlampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>
- [23] **DataSheet ESP8266.** https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
- [24] **Relé.** <https://www.luisllamas.es/arduino-salida-rele/>
- [25] **DataSheet sensor ACS712.** <https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf>

- [26] **DataSheet sensor DHT22.** <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- [27] **Conexiones sensor DHT22.** https://naylampmechatronics.com/blog/40_tutorial-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-y-dht22.html
- [28] **NodeMCU.** <https://descubrearduino.com/nodemcu/>
- [29] **NodeMCU ESP8266.** <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>
- [30] **DataSheet Raspberry Pi 3.** <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>
- [31] **XConector GPIO Raspberry Pi.** <https://www.onubaelectronica.es/2020/04/13/conexion-gpio-raspberry-pi/>
- [32] **XBee Shield.** <https://xbee.cl/xbee-shield/>
- [33] **XBee Antenas.** <https://xbee.cl/que-es-xbee/>
- [34] **XBee y Arduino.** https://www.arduineando.com/xbee-y-arduino/#google_vignette

ANEXO I:

Guía de instalación para el usuario

En primer lugar, una vez la instalación esté terminada, se deberá configurar el hub o coordinador. Este dispositivo puede soportar hasta 50 dispositivos conectados, creando de este modo, una red domótica inteligente que se puede controlar desde la propia aplicación.

Hay una multitud de dispositivos diferentes que son compatibles con el protocolo ZigBee y que pueden conectarse con el hub. En este caso, será el propio hub o coordinador el encargado de buscar de manera automática a otros dispositivos ZigBee que se añadirán a la red sin necesidad de realizar nuevas configuraciones.

En cuanto a las aplicaciones con las que se puede controlar:

- **Smart Life** 

Link de descarga Play Store:



<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tuya.smartlife&hl=es&gl=US>

Link descarga App Store:



<https://apps.apple.com/es/app/smart-life-smart-living/id1115101477>

- **Tuya Smart** 

Link de descarga Play Store:



https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tuya.smart&hl=es_419&gl=US

Link descarga App Store:



<https://apps.apple.com/es/app/tuya-smart/id1034649547>

Desde cualquiera de las dos apps disponibles para el control del sistema, se podrá personalizar las estancias, agregar nuevos dispositivos, controlar su funcionamiento, monitorizar su estado, activar y desactivar la alarma y dar permisos de visualización y control personalizados.

Preparación antes de la instalación:

El teléfono móvil que se vaya a emplear en la instalación debe de estar conectado al Wifi.

Asegurarse que el Smartphone esté en la misma red Wifi que el hub para garantizar una conexión efectiva entre él y el teléfono.



Instalación del Hub:

- 1- Conectar el cargador y el cable USB a la alimentación.
- 2- Descargar la app en la tienda de aplicaciones según sea el dispositivo Android o Apple.
- 3- Instalar la aplicación.
- 4- Cuando esté correctamente instalada, abrir la app y registrarse.
- 5- Introducir una cuenta de correo electrónico y una contraseña.
- 6- Aceptar la licencia y darle al botón de registrar.
- 7- En este momento, será necesario verificar la cuenta de correo electrónico que se haya proporcionado.
- 8- Después será necesario aceptar el permiso para que la aplicación use la ubicación del teléfono móvil.
- 9- Al acceder a la app, se solicitará crear un grupo, al que se le dará un nombre y se pulsará sobre crear.
- 10- Después del paso 9, si la app detecta un dispositivo, mostrará una ventana emergente, donde se pulsará agregar y posteriormente agregar dispositivo. En este momento ya estará listo el Hub para agregarle más dispositivos.

Integración en Google Home:

- 1- Descargar la aplicación de Google Home e instar en el dispositivo Google Home según la guía del usuario que debe venir con el dispositivo.
- 2- Abrir la app de Google Home en el teléfono.
- 3- Pulsar en "Configuración de cuenta" y luego pulsar sobre "Configurar o añadir" → "Configurar dispositivo".
- 4- Pulsar sobre la opción "Funciona con Google" y buscar en el listado que aparece "Smart Life" o "Tuya Smart".
- 5- Tras esto, se deberán introducir los datos de acceso a la cuenta; el usuario y la contraseña con las que se haya realizado el registro anteriormente.

Tras todo esto, se sincronizará e importarán todos los dispositivos que tuviéramos configurados en la app y se podrá hablar directamente con Google Home para controlar la vivienda mediante el asistente de voz de Google.

Integración en Amazon Alexa:

- 1- Descargar la aplicación de Amazon Alexa e instalar el dispositivo Alexa según la guía del usuario que debe venir con el dispositivo.
- 2- Abrir la app de Amazon Alexa en el teléfono.
- 3- Pulsar en "Mis Skills de Hogar Digital" y posteriormente en "Activar Skills de Hogar Digital"; luego se buscará en el listado que aparece "Smart Life" o "Tuya Smart".
- 4- Se pulsa sobre "Activar para usar".
- 5- Después de esto será necesario introducir las credenciales de acceso a la cuenta; el usuario y la contraseña con las que se haya realizado el registro anteriormente.

En este momento, se sincronizará e importarán todos los dispositivos que tuviéramos configurados en la app y se podrá hablar directamente con el asistente de voz de Alexa del altavoz inteligente Amazon Echo.

Añadir dispositivos compatibles:

En la misma app de Tuya Smart o de Smart Life, en el recuadro que ponga "Todos los dispositivos" se selecciona el Hub del que se trata. Posteriormente pulsar sobre "Add subdevice" y se selecciona el dispositivo que se desea añadir.

A partir de aquí seguir las indicaciones mostradas por pantalla en el teléfono par terminar de añadir el dispositivo.

ANEXO II:

Manual de mantenimiento

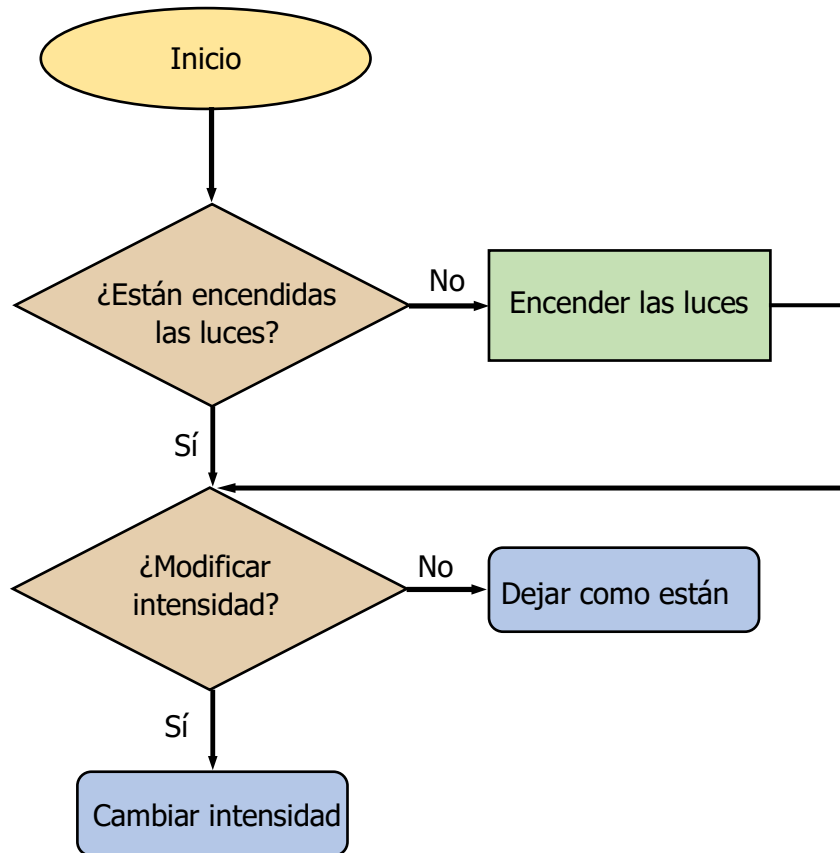
Todas las recomendaciones que se van a exponer a continuación se tratan de posibles medidas a adoptar con la intención de mantener en buen funcionamiento la instalación realizada; así como que sirva de ayuda también para posibles modificaciones posteriores.

- Se deberán de conservar todos aquellos documentos técnicos relativos al uso, así como el certificado de garantía de los elementos o dispositivos que se adquieran directamente para su puesta en marcha.
- Es aconsejable utilizar los dispositivos únicamente para las funciones que se le hayan podido asignar, o que el fabricante indique que se puedan realizar.
- Se recomienda no manipular de forma personal las instalaciones realizadas, sino recurrir a la empresa que se haya encargado de su instalación.
- No se han de realizar modificaciones a la instalación, sin la ayuda de un especialista. Estas modificaciones han de estar siempre dentro de las especificaciones de la normativa vigente y han de ser supervisadas por un técnico.
- Se deberán guardar los planos definitivos de la instalación, así como los planos de los diferentes diagramas o esquemas de los circuitos existentes indicando además las zonas en las que se encuentren, el número y las características de los mismos
- El mantenimiento o reparación de algún elemento, sistema o alguno de sus componentes, deberá de ser realizado por personal cualificado.
- Con la intención de realizar las revisiones y mantenimientos de manera periódica, se han de anotar cuándo han sido realizados por la empresa contratada. Por ello, se dejará constancia apuntando la fecha, el estado de la instalación, los posibles defectos encontrados y las reparaciones si es que se ha llevada a cabo alguna.
- Al terminar de realizarse la revisión o mantenimiento por parte de la empresa será de obligado cumplimiento guardar el certificado de la última inspección oficial realizada.
- En la documentación también habrá de añadirse la razón social y el domicilio de la empresa.

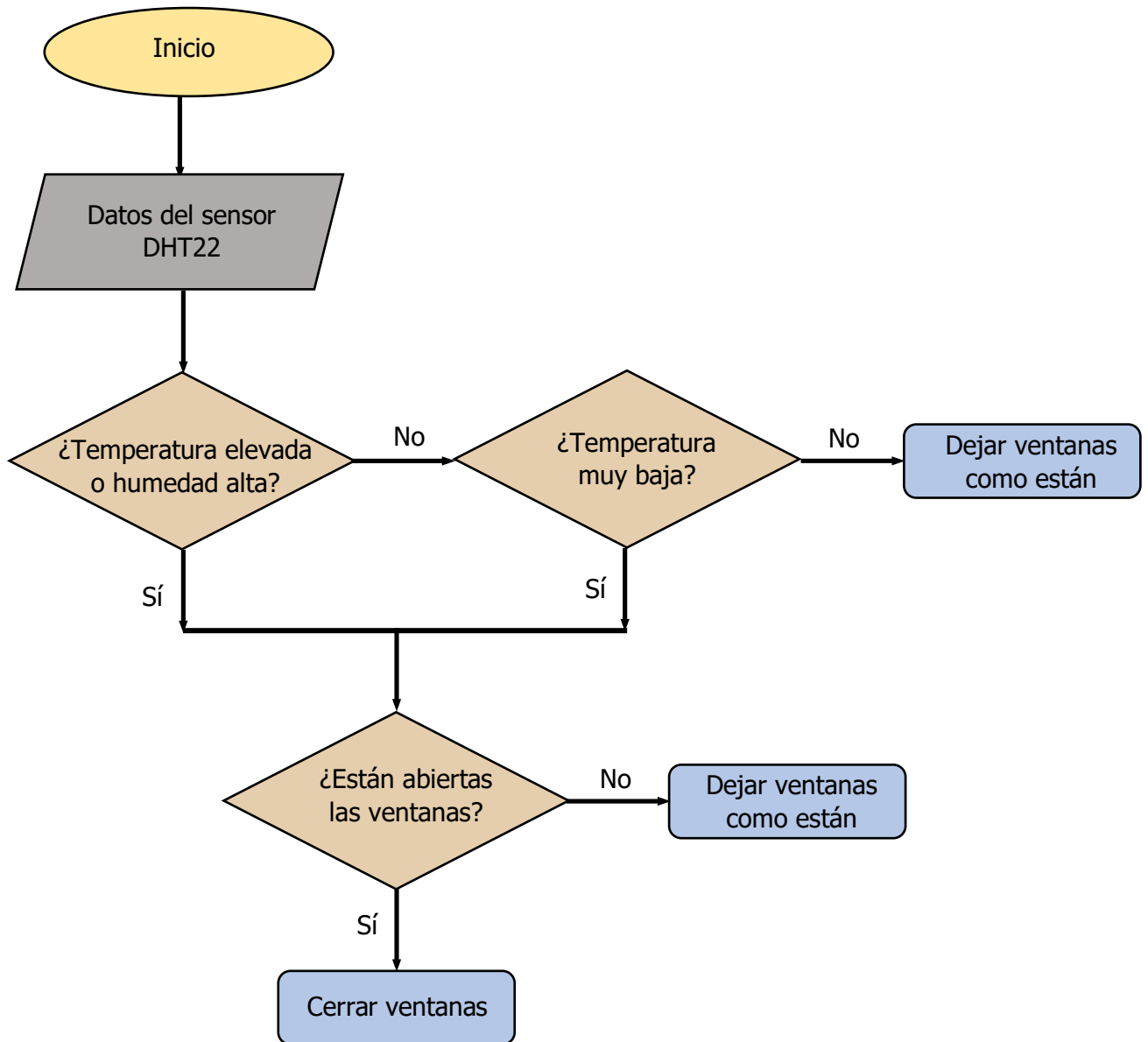
ANEXO III:

Flujogramas de la aplicación

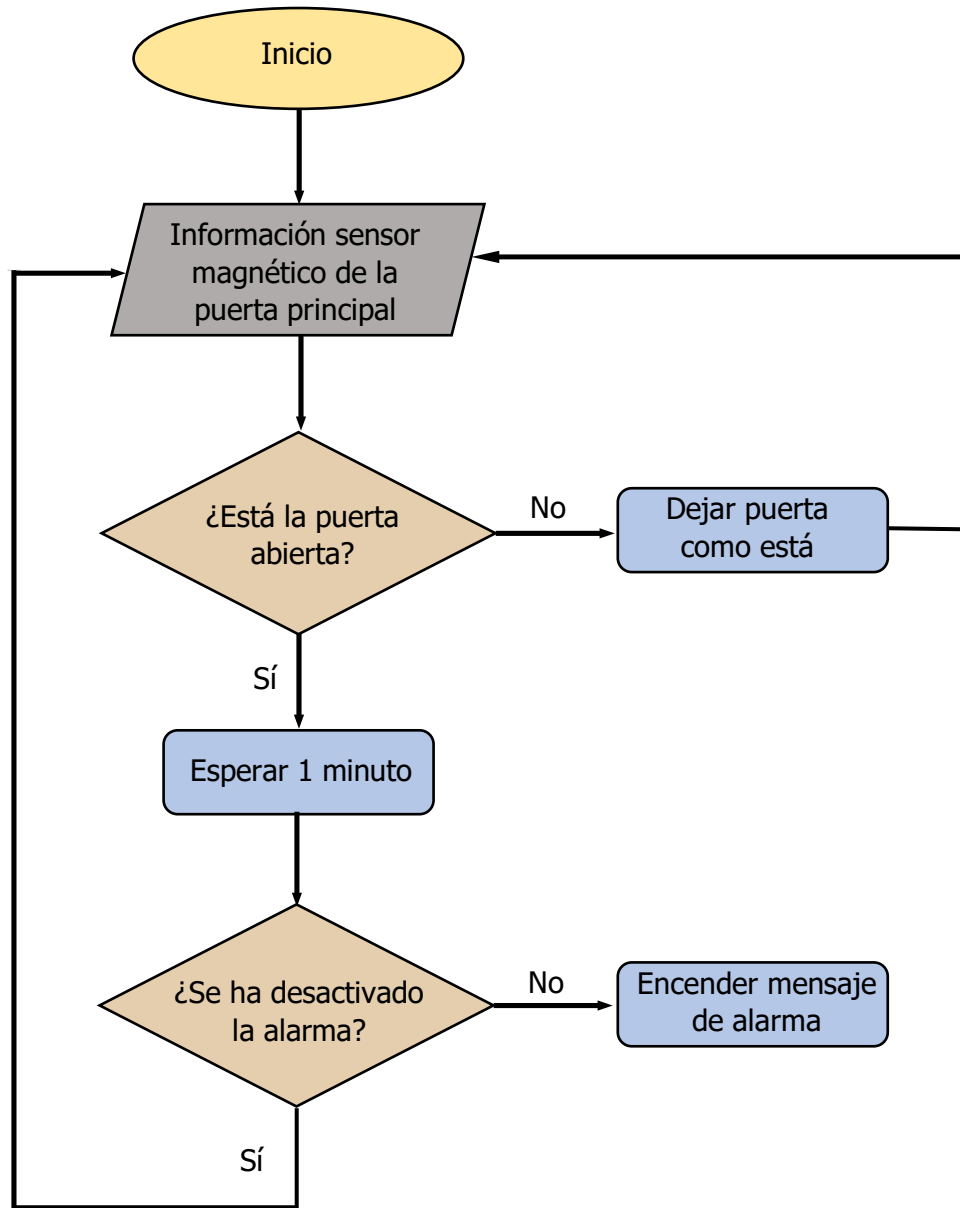
Flujograma control iluminación:



Flujograma control ventanas:



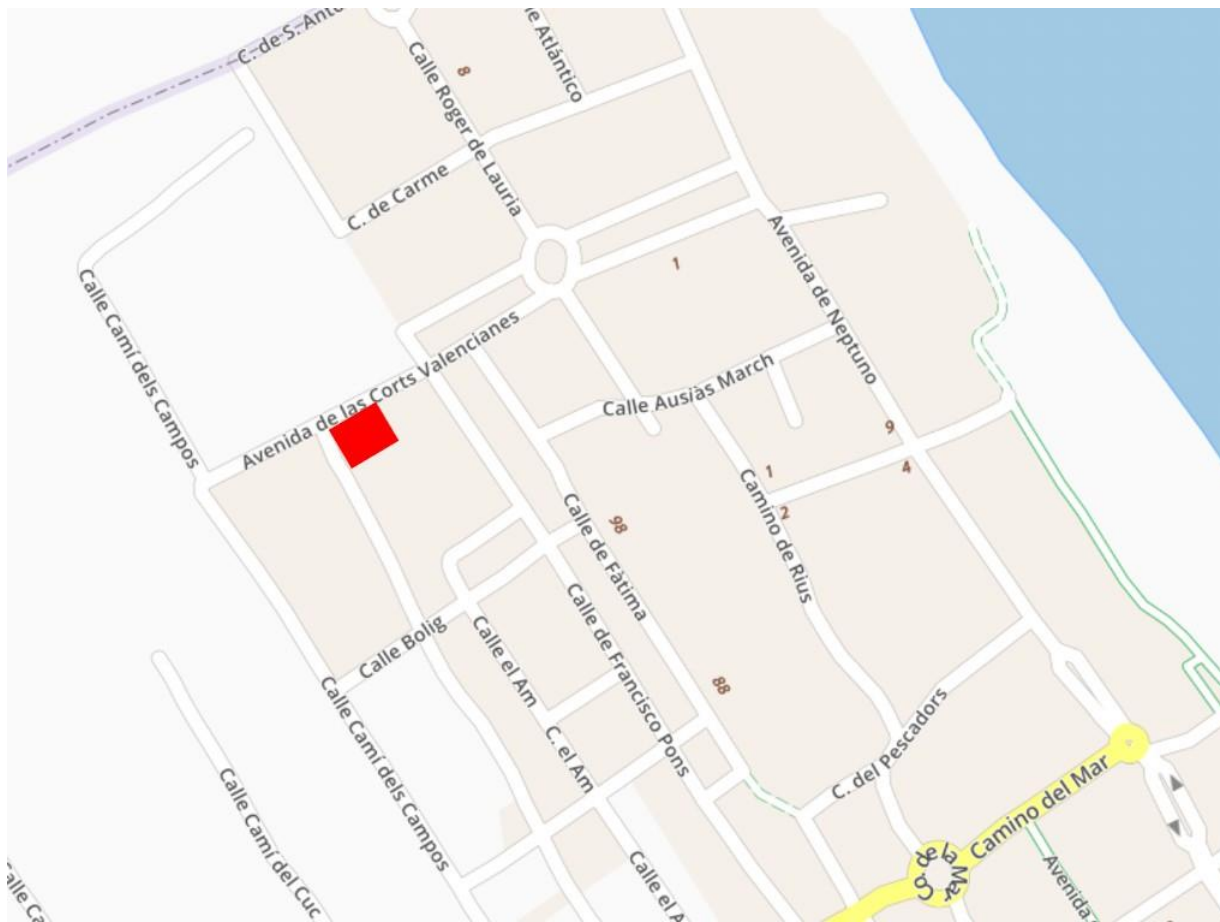
Flujograma alarma:



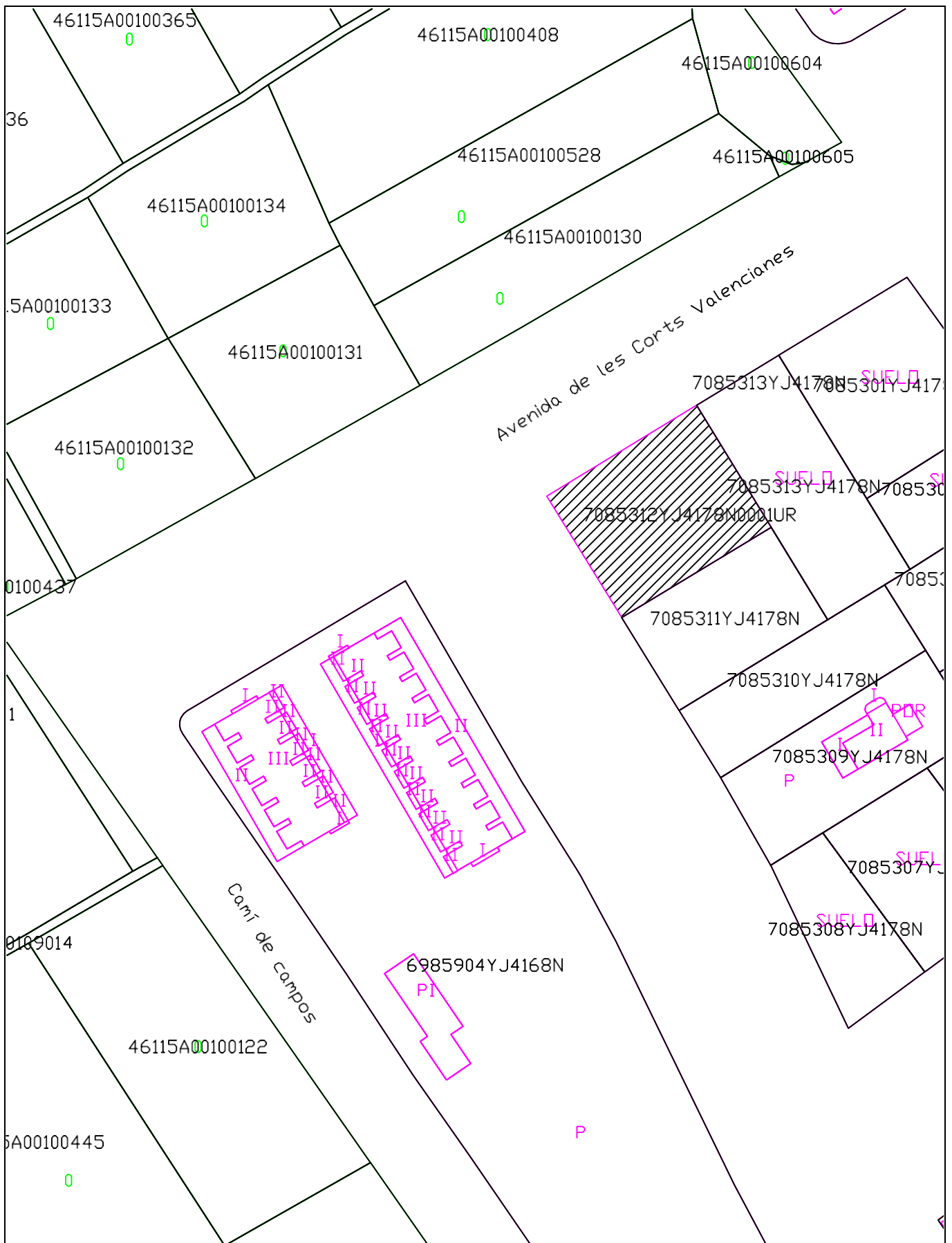
II. Planos

Índice de contenido

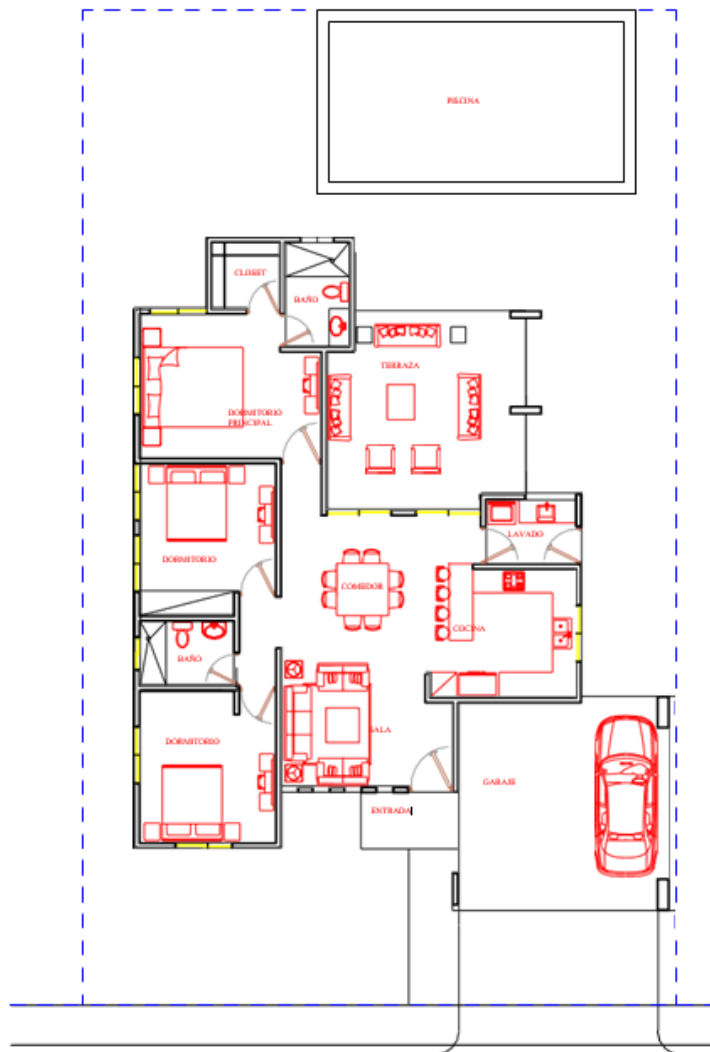
1. Plano de situación.....	70
2. Plano de emplazamiento.....	71
3. Plano general de la vivienda.....	72
4. Plano puntos de luz.....	73
5. Planos tomas de corriente.....	74



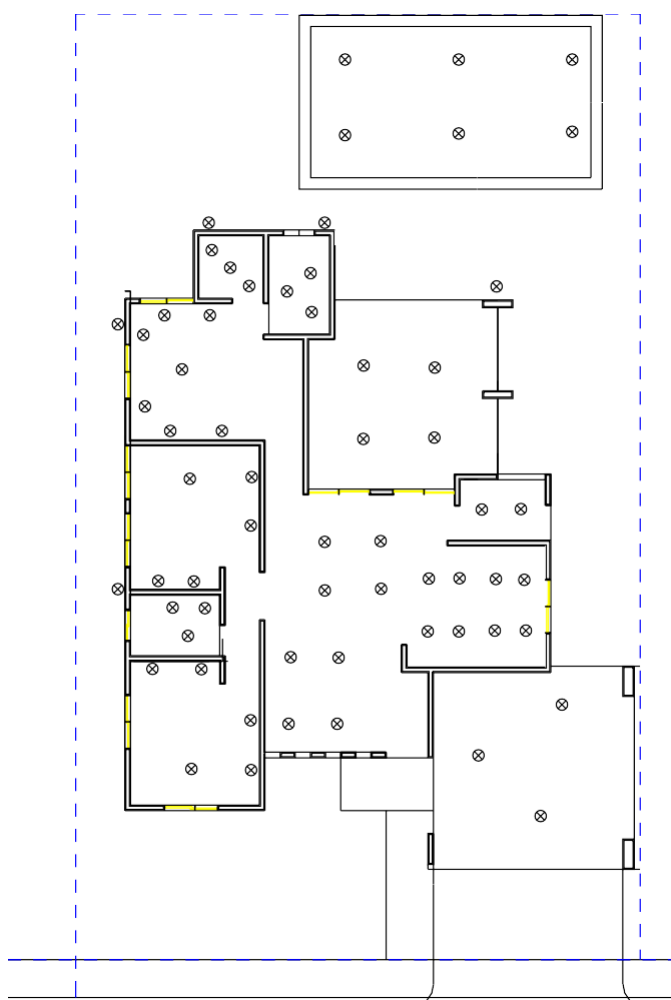
PROYECTO: Domotización de una vivienda unifamiliar TITULAR: Nuria González Berenguer Emplazamiento: Av. de les Corts Valencianes, Daimús, 46710 Referencia: 7085312YJ4178N0001UR		Fecha: 22/06/21
		Escala: <hr/>
Autor: Nuria González Berenguer	Plano: PLANO DE SITUACIÓN	Plano N°: 01



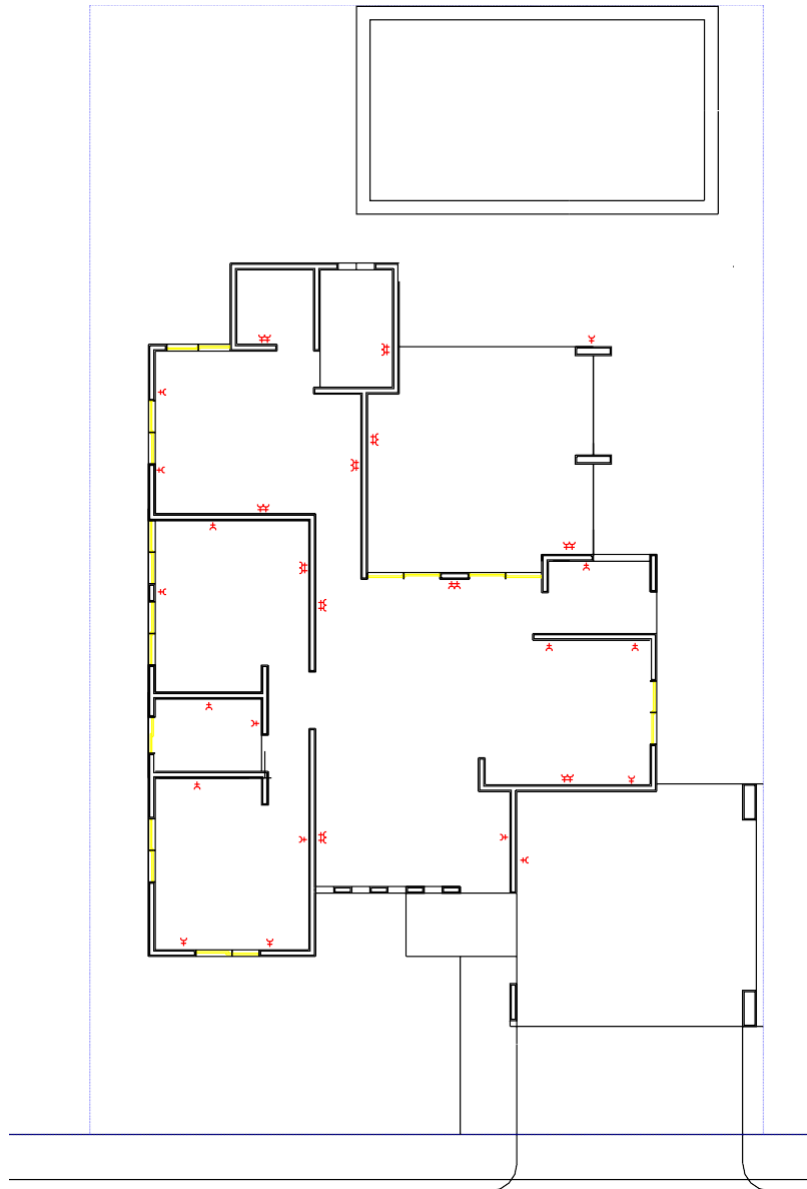
PROYECTO: Domotización de una vivienda unifamiliar TITULAR: Nuria González Berenguer Emplazamiento: Av. de les Corts Valencianes, Daimús, 46710 Referencia: 7085312YJ4178N0001UR		Fecha: 22/06/21
		Escala: 1:1000
Autor: Nuria González Berenguer	Plano: PLANO DE EMPLAZAMIENTO	Plano Nº: 02



PROYECTO: Domotización de una vivienda unifamiliar TITULAR: Nuria González Berenguer Emplazamiento: Av. de les Corts Valencianes, Daimús, 46710 Referencia: 7085312YJ4178N0001UR		Fecha: 28/05/21 Escala: 1:200
Autor: Nuria González Berenguer	Plano: PLANO GENERAL DE LA VIVIENDA	Plano N°: 03



PROYECTO: Domotización de una vivienda unifamiliar TITULAR: Nuria González Berenguer Emplazamiento: Av. de les Corts Valencianes, Daimús, 46710 Referencia: 7085312YJ4178N0001UR		Fecha: 03/06/21 Escala: 1:200
Autor: Nuria González Berenguer	Plano: PLANO PUNTOS DE LUZ	Plano Nº: 04



PROYECTO: Domotización de una vivienda unifamiliar TITULAR: Nuria González Berenguer Emplazamiento: Av. de les Corts Valencianes, Daimús, 46710 Referencia: 7085312YJ4178N0001UR		Fecha: 03/06/21
		Escala: 1:200
Autor: Nuria González Berenguer	Plano: PLANO TOMAS DE CORRIENTE	Plano Nº: 05

III. Pliego de condiciones

Índice de contenido

1. Condiciones generales	77
1.1. Objeto del pliego de condiciones.....	77
1.2. Legislación.....	77
1.3. Conceptos comprendidos y no comprendidos.....	79
2. Condiciones particulares.....	79
2.1. Interpretación del proyecto	79
2.2. Coordinación del proyecto	79
2.3. Materiales complementarios	80
2.4. Modificaciones al proyecto	80
2.5. Inspecciones.....	80
2.6. Calidades.....	80
3. Condiciones técnicas.....	81
3.1. Reglamento obligatorio	81
3.2. Garantías.....	81
3.3. Mantenimiento de la instalación.....	81
3.4. Seguridad y prevención.....	81
3.5. Condiciones económicas	81
3.6. Pruebas y ensayos de la instalación	82
3.7. Instalación domótica.....	82
3.8. Prueba de recepción	82
3.9. Documentos finales de obra	82

1. Condiciones generales

1.1. Objeto del pliego de condiciones

La finalidad del siguiente documento es establecer y definir los conceptos que se van a presentar a continuación: la puesta en marcha del sistema domotizado, así como su previa instalación, los materiales necesarios, que no hayan sido expuestos en la memoria del documento pero que aun así sean de vital importancia para su realización.

También se tendrá en cuenta la calidad, seguridad y la capacidad de realizar posibles modificaciones siempre dentro del margen legal, exponiendo también cuál es ese margen al que hay que ceñirse para realizar todos los procesos hasta llegar a la puesta en marcha del sistema y por último las garantías exigidas a los materiales y a su funcionamiento como conjunto.

1.2. Legislación

A continuación, se van a exponer las normativas vigentes en el ámbito de instalaciones eléctricas y domotización de los hogares en España y en Europa.

- **Normativa EA 0026 Instalaciones de sistemas domóticos en viviendas. Prescripciones generales de instalación y evaluación.**

Esta normativa permite certificar instalaciones domóticas siguiendo una clasificación de tres niveles distintos: "Nivel 1" el considerado nivel básico, "Nivel 2" o nivel intermedio; "Nivel 3" nivel excelente. En ella, se establecen los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema domótico ya que para considerar que un sistema es domótico, debe de alcanzar por lo menos el primero de los tres niveles.

Con estas especificaciones se puede tener una referencia para la Certificación de Sistemas Domóticos de Viviendas y tiene el objetivo de: impulsar el desarrollo del mercado de la domótica; aclarar la confusión existente actualmente respecto a qué es un sistema domótico y la capacidad de poder comparar entre las diferentes ofertas de mercado.

- **Normativas UNE-EN 50090 Sistemas electrónicos para vivienda y edificios (HBES)**

Con la UNE-EN 50090, se logra normalizar las aplicaciones de control de sistemas de comunicación abiertos tanto en viviendas como en edificios. Esta normativa de instalación domótica cubre cualquier combinación de dispositivos electrónicos vinculados mediante una red de transmisión digital y, a la vez tiene en cuenta también los sistemas de control automatizados (tanto descentralizados como distribuidos) para aplicaciones domésticas, comerciales o de construcción. Esta serie de normativas se centra en la Clase I de sistemas de comunicación, es decir, comunicación de datos a baja velocidad destinada al control.

- **Normativas UNE-EN 50491 para Sistemas Electrónicos de Viviendas y Edificios (HBES) y Sistemas de Automatización y Control de Edificios (BACS)**

Se trata de un conjunto de normas englobadas bajo el epígrafe UNE-EN 50491. Estas normas son independientes del protocolo de comunicación empleado y recogen los requisitos generales de los sistemas electrónicos para viviendas y edificios (HBES) y sistemas de automatización y control de edificios. Este conjunto de normativas cubre los requisitos ambientales, de compatibilidad

electromagnética (CEM), seguridad eléctrica y seguridad funcional de los dispositivos y sistemas HBES y BACS.

- **Normativas UNE 202009 Metodología para la verificación e inspección de las instalaciones eléctricas de baja tensión comunes en edificios y viviendas.**

Esta normativa está destinada a proporcionar los criterios necesarios de verificación e inspección de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Asimismo, proporcionan la documentación necesaria para el registro de las condiciones y los valores de verificación e inspección; los resultados de las mismas deben definir las acciones correctivas a realizar, así como verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad correspondientes a este tipo de instalaciones.

- **Especificaciones CLC/TR 50491-6-3 para Instalaciones de Sistemas Domóticos de Viviendas**

La propuesta española llevada a cabo en el subcomité de normalización de AENOR SC205, ha llevado a elaborar el informe técnico Europeo CLC/TR 50491-6-3, adoptado como informe AENOR UNE-CLC/TR 50491-6-3 IN.

Estas especificaciones asumen una clasificación de niveles basada en la normativa EA0026 y una clasificación en función del factor ahorro energético proporcionado por el sistema domotizado. A su vez esta clasificación de ahorro está basada en la normativa UNE-EN 15232 de Eficiencia energética en los edificios.

- **Real Decreto 842/2002 Reglamento Electrónico para Baja Tensión (REBT)**

El REBT fue aprobado por el R.D. 842/2002, del 2 de agosto, supuso un gran avance en materias de reglas técnicas y establece un esquema normativo, basado en un reglamento marco y unas instrucciones complementarias, con el fin de preservar la seguridad de las personas, así como de los bienes; asegurar el normal funcionamiento de las instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones a la vez que contribuir a la fiabilidad técnica y económica de las instalaciones.

Esta normativa, incluye 51 instrucciones técnicas complementarias (ITC) y hace referencia a las normas UNE aplicables a los sistemas de automatización y control. Concretamente la ITC-BT 51 establece los requisitos mínimos de las instalaciones domóticas, explicando para ello el concepto de sistema domótico.

- **Reglamento ITC-BT 51**

La instrucción técnica 51 fija el ámbito de aplicación, la terminología, los requisitos y unas pautas generales sobre los distintos sistemas domóticos. Es decir, establece los requisitos mínimos de instalación de los sistemas domóticos y comprende las instalaciones de sistemas no independientes que realizan una función de automatización.

La guía de aplicaciones y la normativa UNE-EN 50090 contiene documentación complementaria que desarrolla el contenido de la ITC 51 del REBT. Ya que sobre la ITC-BT 51 se fundamenta su guía; un documento no vinculante que recoge la aplicación práctica de las previsiones del REBT y sus ITC's. En esta guía se explica y clasifica el concepto de sistema domótico, se incluyen recomendaciones para la pre-instalación de los sistemas domóticos y se definen los niveles de domotización.

- **Certificación energética de edificios**

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en el Parlamento Europeo y del Consejo, se transpusieron en el Real Decreto 235/2013, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de viviendas y edificios, de obligado cumplimiento desde el 1 de junio de 2013. Este certificado tiene una validez de 10 años y evalúa la eficiencia energética, otorgando calificaciones con una letra entre la A y la G. Además de toda la información objetiva, el certificado incluirá recomendaciones de mejora energética, para fomentar el ahorro y la eficiencia.

1.3. Conceptos comprendidos y no comprendidos

Dentro de la realización y la puesta en marcha del sistema domótico propuesto, esta incluido en este proyecto, la instalación llevada a cabo por el instalador, el suministro de todos los materiales necesarios, así como el resto de los acabados, elementos o conceptos que sean necesarios hasta la finalización del proyecto.

En cuanto al cumplimiento de la normativa recaerá en manos del instalador realizar todo conforme a las normativas expuestas en el apartado anterior, así como llevar a cabo la revisión antes de la entrega de la vivienda. Además, será el propio instalador el responsable de cumplimentar las medidas de seguridad, y de haber algún cambio será el responsable de notificar y cambiar el presupuesto conforme a las variaciones que realice.

Asimismo, queda totalmente excluido de la realización de este proyecto aquellas medidas que tengan que ver con albañilería por parte del instalador. En general, cualquier tipo de obra civil, necesaria para el montaje quedará excluida del presente documento.

2. Condiciones particulares

2.1. Interpretación del proyecto

La interpretación de este proyecto está a cargo del ingeniero jefe o de la persona encargada de la Dirección de la obra. El proyecto está compuesto por cuatro documentos, que le otorgan sentido en sí mismo; estos documentos son: memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto.

Por lo que, si se realiza algo de manera diferentes, o se interpreta por el encargado de un modo distinto al aquí explicado, deberá quedar por escrito, dejando constancia de ello.

2.2. Coordinación del proyecto

Es competencia total del instalador la coordinación entre las diferentes tareas que se deban realizar para llevar a cabo la instalación propuesta. La terminación de los trabajos deberá ser limpia y acorde con la estética de la vivienda. Por otro lado, los materiales no deberán estropearse durante el periodo que dure su instalación, por lo que deberán estar guardados y protegidos. De este modo queda enterado el instalador de que no se puede realizar ningún cambio considerable sin aprobación y sin dejar constancia de la misma, ya que cualquier responsabilidad recaerá sobre él mismo.

Por último, la limpieza de lo que se haya podido ensuciar en la vivienda a lo largo de la instalación será cargo del instalador ya que deberá dejar la vivienda en las mismas circunstancias de orden y limpieza que en la que se encontraba inicialmente.

2.3. Materiales complementarios

En general, los elementos de sujeción, sustentación o embellecedores serán de acero inoxidable si hay peligro de corrosión de los materiales por la zona en la que se encuentren. Los acabados, enfundados, siliconas, tornillería, cableado, acopladores o cualquier elemento necesario para la puesta final del proyecto estarán incluidos y queda el instalador informado de esto, aunque en los documentos anteriores no sea mencionado.

2.4. Modificaciones al proyecto

Solo se admitirán cambios en el sistema domotizado si cumplen con alguna de las siguientes causas que se exponen a continuación.

Mejoras en la calidad de los materiales o del montaje, sin que llegue a repercutir en el presupuesto a no ser que sea para disminuirlo; acciones para garantizar mayor confort o seguridad en la vivienda. Cambios por motivos mayores o imposibilidad de realizar la instalación en condiciones totales de seguridad. Todo cambio que no cumpla con alguno de los motivos expuestos carecerá de validez.

2.5. Inspecciones

En cualquier caso, el propietario o la Dirección de obra podrá solicitar cualquier certificación, sobre el montaje, los materiales o la propia mano de obra a lo largo de la instalación. Se podrá realizar cualquier tipo de revisión, siendo total o parcial centrándose en algo en particular.

Para asegurar la fiabilidad del proceso lo más conveniente es que sea una persona externa la encargada de realizar las inspecciones a fin de obtener resultados objetivos y de ser necesario aplicar las medidas correctoras necesarias.

2.6. Calidades

Todos los elementos, materiales y equipos deberán estar normalizados según el fabricante y deberán cumplir con las normativas a la vez que servir para la función que vayan a desempeñar dentro del proyecto. No se admitirán materiales que el Director de obra no haya aceptado según las condiciones y características de los mismos.

Todos los componentes principales deberán estar certificados, nombrados junto con el modelo empleado y llevar el número de serie en una placa donde sea visible; facilitando así la tarea de cambio si es que alguno de los elementos fallara.

Bajo ningún concepto se aceptarán materiales que hayan llegado dañados, rotos o estropeados al lugar de la instalación ya que podrían suponer un peligro para el resto del sistema a implementar.

La calidad de todos los materiales y componentes debe seguir unos estándares fijados y no salirse de estos, a no ser que por las necesidades no se encuentre disponible y siempre con la supervisión del Director de obra (dejando todo por escrito), se podrá hacer uso de otro material con características similares. Aunque si el acabado final no es el esperado o deseado por parte del propietario se deberá cambiar.

Durante la realización de la obra el instalador está obligado a dar a la dirección de obra, tantas alternativas como le sean posibles siempre dentro del margen de lo que desea el cliente y que sea conforme con las normativas expuestas anteriormente.

3. Condiciones técnicas

3.1. Reglamento obligatorio

Es el instalador sobre el que recaerá la tarea de seguir cualquier normativa necesaria tanto en los equipos necesarios, como en su instalación, montaje, uso de los mismos y seguridad tanto para él como para las posibles personas que pueda haber en su alrededor; por lo que deberán tomarse las medidas adecuadas de protocolos de protección.

Por ello, es competencia del instalador la entrega en garantías de total seguridad y la previa revisión del proyecto antes de su entrega. Esta segunda revisión del proyecto se realiza por si se hubieran dado algunas modificaciones durante la ejecución del proceso y de este modo poder afianzar la viabilidad del proyecto pasando por esta última etapa de normalización.

3.2. Garantías

Para todos los elementos, componentes o sistemas empleados en el montaje de la instalación quedarán garantizados el período de tiempo vigente según la legislación. Se asumirá por parte del instalador el recambio de cualquier pieza o elemento que haya sido dañado por su mal uso o por cualquier mal uso de maquinaria y quedará obligado a realizar su cambio él mismo. Esta medida afecta a todos los componentes y con esto lo que se genera es que el instalador realice su labor con mayor cuidado procurando siempre conseguir la máxima seguridad posible sin dañar los elementos del sistema.

3.3. Mantenimiento de la instalación

Para llevar a cabo el mantenimiento de la instalación debe de realizarse por personal especializado. El instalador ha de entregar los planos de la instalación efectuada, junto con las normas de montaje y las garantías de los equipos, así como con el certificado de producto de todos los materiales empleados.

Al tratarse de una instalación domótica actualmente no se requiere de un mantenimiento establecido según las normativas, pero no estaría de más realizar de forma periódica algún tipo de revisión/mantenimiento para poder evitar posibles fallos futuros de la instalación.

3.4. Seguridad y prevención

Sera de obligado cumplimiento durante la realización de la instalación y su puesta en marcha el "Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo" por parte del instalador. Será el instalador el que realice el plan de seguimiento y seguridad durante todo el proceso y será el responsable de que cualquier persona a su cargo cumpla con sus indicaciones. Para ello, se deberán emplear las medidas protectoras en todo momento y sobre todo al tocar cableado o tendido eléctrico dentro de la vivienda. A modo de prevención de cualquier posible incidente o riesgo será recomendable realizar una revisión del sistema domotizado de forma periódica por técnicos especializados en la materia con el fin de evitar posibles errores futuros.

3.5. Condiciones económicas

El precio y valoración de los elementos necesarios en la instalación serán tratados en el último capítulo de este documento, en el Presupuesto del proyecto. Aquí se detallarán tanto el coste de los materiales como su instalación y la mano de obra necesaria para ello. Si algún elemento se repite o es necesario en más de una instalación; quedará

reflejado en el presupuesto su valor individual y su valor total multiplicando el valor del elemento por la cantidad de elementos que se requieran.

3.6. Pruebas y ensayos de la instalación

Será responsabilidad del instalador asegurar el perfecto funcionamiento de la instalación, así como realizar las necesarias pruebas pertinentes para poder asegurar la fiabilidad de este proyecto.

El instalador comprobará todos los sistemas de la instalación del proyecto y antes de su aceptación deberán de ser aprobados por la dirección.

Los ensayos a realizar son:

- Examen visual de la instalación que concuerde con las características de la vivienda.
- Comprobar las dimensiones, secciones y los calibres de las conexiones realizadas.
- Pruebas de funcionamiento del sistema domótico implementado en el hogar.

3.7. Instalación domótica

Par llevar a cabo la instalación domótica será necesario realizarla por personal cualificado con especialidad en este campo a ser posible.

Siempre y a lo largo de este proyecto destacando la necesidad constante de llevar a cabo todos los procesos adoptando las medidas de seguridad pertinentes, sobre todo siguiendo el reglamento de baja tensión, así como el de seguridad e higiene en el trabajo.

3.8. Prueba de recepción

Por último, en el acto de recepción, se realizarán pruebas de funcionamiento del conjunto en sí. En esta revisión se debe comprobar el perfecto funcionamiento y rendimiento de los sistemas. Adicionalmente se han de comprobar la regulación de todos los protectores de la vivienda, comprobar todos los circuitos y comprobar el correcto funcionamiento y anclaje de las tomas de tierra de los diferentes circuitos.

3.9. Documentos finales de obra

El instalador previo a entregar y dar por finalizada la obra deberá de entregar toda la documentación del proyecto, ya sea de tipo legal o informativa para futuros cambios o reparaciones necesarias.

La documentación que deberá de presentar se trata de:

- Certificados de cada instalación, presentados ante la Delegación del Ministerio de Industria y Energía. Incluye autorizaciones de suministro, boletines, etc.
- Ídem ante Compañías Suministradoras.
- Protocolos de pruebas completos de las instalaciones.
- Manual de instrucciones incluyendo los catálogos de instalación y mantenimiento.
- Stock mínimo de recambio aconsejado.
- Libro oficial de mantenimiento Legalizado.
- Libro oficial del edificio Legalizado.
- Proyecto actualizado, incluyendo los planos de las instalaciones.

IV. Presupuesto

Índice de contenido

1. Introducción	85
2. Materias primas.....	85
2.1. Control de la temperatura y humedad	85
2.2. Luminaria	85
2.3. Control ventanas y puertas.....	86
2.4. Alarma	86
2.5. Interfaz	87
2.6. Otros elementos necesarios.....	87
2.7. Suma total de materias primas	87
3. Mano de obra	88
4. Programación del sistema domótico	88
5. Elementos de trabajo adicionales.....	88
6. Costes de producción	89
7. Gastos generales	89
8. Beneficio industrial	89
9. Coste total	90

1. Introducción

En este documento, se va a llevar a cabo una estimación del presupuesto de la parte domótica de la vivienda teniendo en cuenta el precio de los materiales que se van a instalar, así como la mano de hora necesaria para su instalación. También se tendrán en cuenta otros factores como la parte de programación del propio sistema y el tiempo invertido en la realización en conjunto del proyecto.

2. Materias primas

Para realizarlo de la manera más intuitiva posible, se han separado los elementos según la instalación de la que se trate y se van a recoger sus precios unitarios en forma de tabla; donde si hace falta más de un elemento, se pondrá el precio total de multiplicación. En los cálculos el precio total de los elementos será con el IVA ya incluido, aunque también se mostrará el valor unitario sin IVA de elementos necesarios, para su mejor comprensión.

De este modo, si alguna de las partes de la instalación propuesta no se quisiera realizar, sería más fácil volver a calcular su valor total puesto que se encuentra dividido en módulos.

2.1. Control de la temperatura y humedad

Materias Primas	Fabricante	Referencia	Precio unitario sin IVA	Precio unitario con IVA	Cantidad	Precio Total
Placa Arduino MEGA 2560	Arduino	A000067	34,24 €	41,43 €	5	207,15 €
Sensor DHT22	MikroElektronika	MIKROE-2818	18,84 €	22,80 €	5	113,98 €
Placa NodeMCU	Generic	STK0151000051	5,57 €	6,74 €	5	33,70 €
Cambiador de nivel	Movilideas	6585	0,81 €	0,98 €	5	4,90 €
Carrete de cables de colores	TUOFENG	_____	34,24 €	41,43 €	1	19,99 €
TOTAL						379,72 €

Tabla 25: Materia prima para el control de temperatura y humedad

2.2. Luminaria

Materias Primas	Fabricante	Referencia	Precio unitario sin IVA	Precio unitario con IVA	Cantidad	Precio Total
Downlight LED	WONDERLAMP	W-E000047	9,20 €	11,13 €	8	89,04 €
Downlight Redondo I	LED ATOMANT, S.L.	HV-22D6-X2HI	4,45 €	5,39 €	11	48,51 €

Downlight Redondo II	Jandei	JND-7800P02	5,56 €	6,73 €	8	59,29 €
Plafón fluorescente I	HAPYNY	72W-Regulable	47,93 €	57,99 €	3	173,97 €
Aplique pared I	Deckey	Deckey_SML	17,35 €	20,99 €	12	251,88 €
Aplique pared II	HBVAN	B07ZPXSG4K	30,057 €	36,99 €	2	73,98 €
TOTAL						701,96 €

Tabla 26: Materia prima para el control de luminaria

2.3. Control ventanas y puertas

Materias Primas	Fabricante	Referencia	Precio unitario sin IVA	Precio unitario con IVA	Cantidad	Precio Total
Placa Arduino UNO	Arduino	A000073	18,47 €	22,35 €	4	89,39 €
Sensor de corriente ACS712	AZDelivery	14289119	5,61 €	6,79 €	4	27,16 €
Módulo relé	ICQUANZX	00075	1,32 €	1,60 €	4	6,39 €
Placa NodeMCU	Generic	STK0151000051	5,57 €	6,74 €	4	26,96 €
Sensor magnético MC38	ZRYD	ZRYD	2,54 €	3,07 €	11	33,77 €
TOTAL						183,68 €

Tabla 27: Materia prima para el control de ventanas y puertas

2.4. Alarma

Materias Primas	Fabricante	Referencia	Precio unitario sin IVA	Precio unitario con IVA	Cantidad	Precio Total
Alarma inteligente	Si Smart	B092RGMB4F	33,05 €	39,99 €	1	39,99 €
Soporte de alarma	Dioche	Diocheqsbiev6dw7	2,33 €	2,82 €	1	2,82 €
TOTAL						42,81 €

Tabla 28: Materia prima para la alarma

2.5. Interfaz

Materias Primas	Fabricante	Referencia	Precio unitario sin IVA	Precio unitario con IVA	Cantidad	Precio Total
Panel multifuncional inteligente	Orvibo	MIXPAD S	336,94 €	444 €	1	444 €
TOTAL						444 €

Tabla 29: Materia prima del interfaz

2.6. Otros elementos necesarios

Materias Primas	Fabricante	Referencia	Precio unitario sin IVA	Precio unitario con IVA	Cantidad	Precio Total
Smart Gateway Hub Smart Home Bridge	Tuya	B085791GNN	22,97 €	27,79 €	1	27,79 €
Módulo Xbee 2 con antena	Luxtech	LUXTECH-04-COMPONENT	25,45 €	30,79 €	9	277,11 €
Tarjeta Xbee Shield	Huimai	6943384569647	7,52 €	9,10 €	9	81,90 €
TOTAL						386,80 €

Tabla 30: Otras materias primas necesarias

2.7. Suma total de materias primas

	Precio Total
Control temperatura y humedad	379,72 €
Control luminaria	701,96 €
Control ventas/puertas	183,68 €
Alarma	42,81 €
Interfaz	444 €
Otros elementos	386,8 €
TOTAL	2.138,97 €

Tabla 31: Suma total de materias primas

El precio total de toda la materia prima necesaria para la realización de este proyecto son 2.138,97 €.

3. Mano de obra

Para llevar a cabo la instalación, se necesitará contratar a un supervisor y como mínimo a dos operarios que realicen el montaje y la instalación de los sistemas propuestos.

El supervisor será el encargado de que la mercancía llegue en buen estado, cumpliendo con los plazos de entrega estimados. También se encargará de supervisar el trabajo realizado por los operarios y que se lleve a cabo según esté indicado.

Mano de obra	Número de operarios	Horas	Precio/Hora	Coste
Supervisor	1	50	20 €/h	1.250 €
Operarios	2	40	15 €/h	1.200 €
TOTAL				2.450 €

Tabla 32: Coste mano de obra

El coste total de la mano de obra necesaria para realizar la instalación es de 2.4250 €.

4. Programación del sistema domótico

Para llevar a cabo la programación del sistema será necesario contratar a un ingeniero con conocimientos en electrónica, eléctrica e informática. Sobre todo, deberá de tener conocimientos de programación en el lenguaje de Arduino. Esto también afectará al precio ya que teniendo en cuenta las instalaciones a realizar el ingeniero deberá de trabajar entorno a unas 100 horas para realizar por completo la programación de toda la vivienda.

Mano de obra	Horas	Precio/Hora	Coste
Ingeniero informático	100	35 €/h	3.500 €
TOTAL			3.500 €

Tabla 33: Costes de programación

El valor total de la programación llevada a cabo por el ingeniero es de 3.500 €.

5. Elementos de trabajo adicionales

Se han de tener en cuenta también el precio del material necesario para llevar a cabo la instalación, puesto que también influye en el precio total.

Elementos/Herramientas	Fabricante	Coste
Maletín de herramientas	AWANFI	70 €
Taladro eléctrico con 23 accesorios	HYCHIKA	43,99 €
Caja de tornillos, tacos, y alcayatas	MEISTER	7,29 €
Masilla y rascador	LIUMY	10,99 €
Ordenador de trabajo	HP	680 €
		5
TOTAL		812,27 €

Tabla 34: Coste de otros elementos de trabajo adicionales

El precio final de todos los materiales o herramientas necesarias para realizar la instalación es de 812,27 €.

El coste de amortización al año de los elementos o herramientas necesarias, sabiendo que el periodo es de 5 años es:

$$\text{Coste de amortización} = \frac{\text{Coste total}}{\text{Período de amortización}} = \frac{812,27}{5} = 162,454 \text{ €/año}$$

Ecuación 2

6. Costes de producción

El coste de producción o también llamado de fabricación es el total de la suma del coste de los materiales, la mano de obra, la programación del sistema y los elementos de trabajo adicionales incurridos en la realización del proyecto.

Coste de producción = Suma total de materias primas + Mano de obra + Programación + Elementos adicionales

Ecuación 3

$$\text{Coste de producción} = 2.138,97 + 2.450 + 3.500 + 812,27 = 8.901,24 \text{ €}$$

Ecuación 4

7. Gastos generales

También es necesario tener en cuenta, los gastos que no son considerados como directos a la hora de la realización del proyecto; es decir los gastos generales, que supondrán un 13% del coste de la mano de obra.

$$\text{Gastos generales} = 13\% * \text{Mano de obra}$$

Ecuación 5

$$\text{Gastos generales} = 13\% * 2.450 = 318,5 \text{ €}$$

Ecuación 6

8. Beneficio industrial

Para calcular el beneficio industrial que se supone que es del 6%; primero se ha de hallar el valor del coste al que se le aplicará ese porcentaje. Este será la suma del coste de producción más los gastos generales.

$$\text{Coste de aplicación} = \text{Coste de producción} + \text{Gastos generales}$$

Ecuación 7

$$\text{Coste de aplicación} = 8.901,24 + 318,5 = 9.219,74 \text{ €}$$

Ecuación 8

Para calcular el beneficio industrial se le aplica el 6 % al coste de aplicación que se ha calculado previamente.

$$\text{Beneficio industrial} = 6\% * \text{Coste de aplicación}$$

Ecuación 9

$$\text{Beneficio industrial} = 6\% * 9.219,74 = 553,18 \text{ €}$$

Ecuación 10

9. Coste total

Para calcular el coste total del proyecto, primero se calculará el precio con IVA (21%) de aquellos servicios en los que no se haya tenido en cuenta y posteriormente se añadirán los gastos en materias primas, pues en estas sí que se tuvo en cuenta a la hora de realizar los cálculos.

Servicios sin IVA

$$= \text{Mano de obra} + \text{Programación} + \text{Elementos adicionales} \\ + \text{Gastos generales}$$

Ecuación 11

$$\text{Servicios sin IVA} = 2.450 + 3.500 + 812,27 + 318,5 = 7.080,77 \text{ €}$$

Ecuación 12

$$\text{Servicios con IVA} = 1,21 * 7.080,77 = 8.567,73 \text{ €}$$

Ecuación 13

El coste total para llevar a cabo el proyecto es:

$$\text{COSTE TOTAL} = 8.567,73 + 2.138,97 = \mathbf{10.706,70 \text{ €}}$$

Ecuación 14

En la siguiente tabla y a modo de resumen, se van a recoger los precios sin IVA de los servicios necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Para entenderlo de manera más visual también se ha añadido también el porcentaje que representa cada servicio dentro del coste total.

Servicios	Coste
Inventariable	1.767,74 €
Mano de obra	6.762,27 €
Gastos generales (13 %)	318,50 €
Beneficio industrial (6 %)	553,18 €
IVA (21 %)	1.858,19 €
COSTE TOTAL	10.706,70 €

Tabla 35: Coste total del proyecto