



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

**SISTEMA DE ALARMA PARA VIVIENDA
AISLADA BASADO EN
MICROCONTROLADOR**

Autor:

Blanco Huelmos, Alexander

Tutor:

**Arranz Gimón, Ángel Eugenio
Tecnología Electrónica**

Valladolid, Julio de 2023.

Resumen

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo principal el diseño y prototipado de un sistema de alarma para una vivienda aislada, el cual estará formado por una alarma antintrusos como parte principal y se ampliará con tres sistemas de seguridad adicionales, un sistema de alarma antincendio, un sistema de detección de gas y un sistema de detección de fugas de agua. Todos los avisos de las citadas alarmas serán transmitidos al usuario por internet. Para el desarrollo del proyecto se realizará una introducción teórica con el posterior diseño y montaje de un prototipo real.

Palabras clave

Domótica, Arduino, Seguridad, Automatización, Control

Abstract

This end-of-degree project has the design and prototyping of an alarm system for an isolated house as its main objective, which will be formed as the main point by an anti-intruder alarm and will be extended with three additional security systems, a fire alarm, a gas detection system, and a water leak detection system. All alarm notices will be transmitted to the user by internet. For the development of the project, a theoretical introduction will be made with the subsequent design and assembly of a real prototype.

Keywords

Domotics, Arduino, Security, Automation, Control

INDICE

1.	Introducción.....	13
1.1.	Objetivos	13
2.	Los sistemas de seguridad.....	15
2.1.	Historia de los sistemas de seguridad.....	15
2.2.	Conceptos básicos de los sistemas de seguridad	16
2.3.	Elementos de los sistemas de seguridad	17
2.3.1.	Unidad central	17
2.3.2.	Sensores y detectores	18
2.3.3.	Actuadores.....	25
2.4.	El mercado de los sistemas de alarma en la actualidad.....	26
2.4.1.	Estudio de mercado de los componentes de un sistema de alarma 26	
3.	La domótica y el Internet de las cosas	36
3.1.	¿Qué es la domótica?.....	36
3.1.1.	Ventajas e inconvenientes de la domótica	37
3.1.2.	Clasificación de los sistemas domóticos.....	38
3.2.	Elementos de las instalaciones domóticas	43
3.2.1.	Sensores	43
3.2.2.	Actuadores.....	62
3.2.3.	Controladores	63
3.3.	El internet de las cosas (IoT)	66
3.3.1.	¿Qué es el IoT?	66
3.3.2.	Características de los objetos con IoT	67
3.3.3.	Ventajas y desventajas del IoT.....	67
3.4.	Ejemplos de sistemas domóticos.....	69
4.	Microcontroladores: Arduino UNO y ESP8266.....	72
4.1.	Arduino	72
4.2.	ESP8266.....	80
5.	Diseñando un sistema de alarma para una vivienda aislada.....	84
5.1.	Descripción de la vivienda y requisitos del proyecto	84
5.2.	Elección y descripción de los componentes.....	86

5.3. Distribución en la vivienda	97
6. Fabricación del prototipo	100
6.1. Esquema de conexiones sistema	100
6.2. Programación en Arduino IDE	105
6.3. Montaje del prototipo	107
6.4. Pruebas de funcionamiento	110
6.5. Presupuesto	116
7. Conclusiones del proyecto	117
8. Bibliografía	118
9. Anexos	120
9.1. Planos de la vivienda	120
9.2. Esquemas eléctricos.....	121
9.3. Fichas técnicas de los equipos	122

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alarma de Pope en 1853.....	15
Figura 2. Unidad central de una alarma del fabricante PORAYS.....	18
Figura 3. Placa base para sistema de alarma de la marca DSC.	18
Figura 4. Esquema de funcionamiento de sensor infrarrojo pasivo (PIR).	19
Figura 5. Esquema de funcionamiento de sensor infrarrojo de tipo activo.....	20
Figura 6. Esquema de funcionamiento del sensor ultrasónico.	20
Figura 7. Esquema de funcionamiento de sensor fotoeléctrico de barrera. ...	21
Figura 8. Esquema de funcionamiento de sensor fotoeléctrico autorreflexivo.	21
Figura 9. Esquema de funcionamiento de sensor fotoeléctrico reflexivo con reflector.....	21
Figura 10. Esquema de funcionamiento de sensor de humo fotoeléctrico.....	22
Figura 11. Distribución de iones.	22
Figura 12. Iones combinados con partículas de combustión.	23
Figura 13. Esquema de un detector termovelocimétrico de tubo y cámara neumática.....	24
Figura 14. Detector de inundación inalámbrico.	24
Figura 15. Placa base de la alarma C24GSM/PLUS	27
Figura 16. Placa base de la alarma PARADOX.....	28
Figura 17. Placa base de la alarma Ajax AJ-OCBRIDGEPLUS.	29
Figura 18. Envoltorio del sensor Pyronix KX15DTAM.	30
Figura 19. Detector LEXMAN.....	30
Figura 20. Alarma ABH200 de Heiman.	31
Figura 21. Sensor EKMB1309111K de PANASONIC.	32
Figura 22. Aspecto exterior de la de la alarma Ajax AJ-FIREPROTECTPLUS. ...	32
Figura 23. Sensor A30XHS.	33
Figura 24. Sensor de inundación Ajax AJ-LEAKSPROTECT.....	34
Figura 25. Detector de fugas de agua Honeywell W1KS.	34
Figura 26. Detector de rotura de cristal Ajax AJ-GLASSPROTECT.....	35
Figura 27. Esquema de un sistema domótico con conexión punto a punto o estrella.	38
Figura 28. Esquema de un sistema domótico con conexión en bus.....	39
Figura 29. Esquema de un sistema domótico con conexión mixta.....	39
Figura 30. Esquema de sistema domótico centralizado.....	40
Figura 31. Esquema de sistema domótico descentralizado.....	41
Figura 32. Esquema de sistema domótico distribuido.....	42
Figura 33. Esquema de sistema domótico mixto.	42
Figura 34. Principios de transducción de los transductores.	43
Figura 35. Representación de conexión para un transductor piezoresistivo. .	44
Figura 36. Puente de Wheatstone	44

Figura 37. Tipos de condensadores según la configuración de sus terminales.	46
Figura 38. Efecto de la piezoelectricidad en un material.	47
Figura 39. Reflexión, absorción y transmisión de una onda.	48
Figura 40. Representación del Efecto Doppler.	48
Figura 41. Principio de transducción ultrasónico.	49
Figura 42. Representación del efecto Hall.	50
Figura 43. Bobina con núcleo.	51
Figura 44. Aplicación de la Ley de Faraday para construir un transductor.	51
Figura 45. Principio de transducción inductivo.	52
Figura 46. Transductor por corrientes de Foucault.	53
Figura 47. Efecto Seebeck.	54
Figura 48. Representación del efecto fotoeléctrico.	55
Figura 49. Esquema de un transductor resistivo.	56
Figura 50. Diferencia entre exactitud y precisión.	58
Figura 51. Ejemplo de curva de calibración.	58
Figura 52. Rectas de linealidad. a:mínimos cuadrados b:ajustada a cero c:terminal d:a través de extremos e:teórica	59
Figura 53. Representación gráfica de las características dinámicas.	60
Figura 54. Salida de sensor digital (arriba) vs salida de sensor analógico (abajo).	61
Figura 55. Proceso de acondicionamiento de señal medida por un sensor.	61
Figura 56. Partes de un cilindro neumático.	62
Figura 57. Esquema funcional de un controlador.	63
Figura 58. Integración de microcontrolador en un solo chip.	64
Figura 59. Esquema funcional de un microcontrolador	64
Figura 60. Esquema funcional de un microprocesador.	65
Figura 61. Representación del Internet de las Cosas.	66
Figura 62. Esquema simplificado del sistema a domotizar.	69
Figura 63. Esquema simplificado del sistema a domotizado.	71
Figura 64. Placa de Arduino UNO.	72
Figura 65. Pineado del microcontrolador ATmega328P.	73
Figura 66. Opciones de alimentación del Arduino UNO.	76
Figura 67. Chip ATmega16U2 de ATMEL.	76
Figura 68. Modulación de señal PWM	77
Figura 69. Esquema de conexiones de Arduino UNO.	78
Figura 70. Captura de Arduino IDE.	80
Figura 71. Encapsulados para el ESP8266.	81
Figura 72. Imagen de la placa NodeMCU v3.	82
Figura 73. Esquema de entradas y salidas del NodeMCU v3.	83
Figura 74. Entradas y salidas del ESP12E	83
Figura 75. Distribución de la vivienda en la que se instalará el sistema a diseñar.	84

Figura 76. Sensor PIR HC-SR501	87
Figura 77. Principio de funcionamiento de un sensor PIR.....	87
Figura 78. Modo de funcionamiento por disparo único.....	88
Figura 79. Modo de funcionamiento por disparo múltiple.....	88
Figura 80. Distribución de pines del sensor PIR HC-SR501	88
Figura 81. Módulo SIM800L V2.....	89
Figura 82. Entradas y salidas del módulo SIM800L v1.	90
Figura 83. Sensor MQ-7.....	91
Figura 84. Esquema eléctrico de un sensor MQ.....	91
Figura 85. Pines de un sensor MQ.....	92
Figura 86. Sensor de nivel de agua.....	92
Figura 87. Relé de tipo KY-019.....	93
Figura 88. Esquema eléctrico de un relé.	93
Figura 89. Pines del relé KY-019.....	94
Figura 90. Electroválvula de dos vías.....	94
Figura 91. Electroválvula cerrada (izquierda) y abierta (derecha).	95
Figura 92. Pantalla LCD 16x2.	96
Figura 93. Ubicación de los componentes del sistema de alarma en la vivienda propuesta.....	98
Figura 94. Relé KY-019 con módulo ESP8266-01 para su control.	99
Figura 95. Diagrama de bloques del sistema de alarma para vivienda aislada.	100
Figura 96. Esquema de conexiones del sistema de alarma para vivienda aislada.....	102
Figura 97. divisor de tensión.....	103
Figura 98. Esquema de salidas de los relés en el prototipo a construir.....	104
Figura 99. Esquema de sensores en prototipo simulados con potenciómetros.	104
Figura 100. Diagrama de decisión del sistema.	106
Figura 101. Maqueta inicial del prototipo.....	107
Figura 102. Prototipo final, vista superior.....	108
Figura 103. Prototipo final, vista lateral.....	108
Figura 104. Prototipo final, vista lateral, paso de cables.....	108
Figura 105. Prototipo final, vista lateral izquierda.	109
Figura 106. Prototipo final, vista interior.....	109
Figura 107. Prototipo final, vista interior, controladores.	109
Figura 108. Prototipo final, vista inferior tablero.....	110
Figura 109. Prueba de funcionamiento de la alarma de intrusos.....	111
Figura 110. Prueba de funcionamiento alarma de intrusos: notificación a usuario.....	112
Figura 111. Prueba de funcionamiento de la alarma de gas.....	112
Figura 112. Prueba de funcionamiento alarma de gas: notificación a usuario.	112

Figura 113. Prueba de funcionamiento alarma de incendio.	113
Figura 114. Prueba de funcionamiento alarma de incendio: notificación a usuario.....	113
Figura 115. Prueba de funcionamiento alarma fugas de agua.	114
Figura 116. Prueba de funcionamiento alarma de fugas de agua: notificación a usuario.....	114
Figura 117. Histórico de notificaciones en la app.	114
Figura 118. Prueba de funcionamiento manual.	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de la unidad central C24GSM de AMC...	28
Tabla 2. Características principales de la unidad central PARADOX.....	28
Tabla 3. Características principales de la unidad central Ajax AJ-OCBRIDGEPLUS.....	29
Tabla 4. Principales características técnicas del sensor Pyronix KX15DTAM.	30
Tabla 5. Características del detector LEXMAN.....	30
Tabla 6. Características de la alarma ABH200 de Heiman.	31
Tabla 7. Características del sensor EKMB1309111K	31
Tabla 8. Características principales de la alarma Ajax AJ-FIREPROTECTPLUS.	32
Tabla 9. Principales características del sensor A30XHS.....	33
Tabla 10. Principales características del sensor A30XH.....	33
Tabla 11. Principales características del sensor de inundación Ajax AJ-LEAKSPROTECT.	34
Tabla 12. Principales características del detector de fugas de agua Honeywell W1KS.	35
Tabla 13. Características del detector de rotura de cristal Ajax AJ-GLASSPROTECT.....	35
Tabla 14. Ventajas y desventajas de un sistema domótico centralizado.....	41
Tabla 15. Ventajas y desventajas de un sistema domótico descentralizado..	41
Tabla 16. Ventajas y desventajas de un sistema domótico distribuido.....	42
Tabla 17. Características de los diferentes modelos de Arduino (I).....	79
Tabla 18. Características de los diferentes modelos de Arduino (II).....	79
Tabla 19. Características de los diferentes chips del ESP8266.	81
Tabla 20. Comparativa diferentes versiones de la placa NodeMCU.....	82
Tabla 21. Pineado del sensor PIR HC-SR501	88
Tabla 22. Entradas y salidas de la placa SIM800L v1.....	90
Tabla 23. Pines de un sensor MQ.....	92
Tabla 24. Pines del sensor de nivel de agua.	93
Tabla 25. Pineado del relé KY-019.....	94
Tabla 26. Conexiones de la pantalla LCD 16x2.....	96
Tabla 27. Conexiones del módulo adaptador de LCD a I2C	96
Tabla 28. Componentes a usar en el proyecto.	97
Tabla 29. Pruebas de funcionamiento del prototipo.....	110

1. Introducción

Desde los inicios del siglo XIX la presencia de la **electrónica** y la **automática** en la vida cotidiana de las personas ha aumentado de manera exponencial, es difícil imaginar cualquier utensilio tradicional que no haya evolucionado hacia un producto de los que ahora denominamos inteligentes y que abarcan cualquier tipo de mercado, desde aspiradores, frigoríficos o lavavajillas hasta una simple bombilla. En este trabajo se aplicarán estos avances en el ámbito de la seguridad en el hogar y de la domótica.

A día de hoy, la **seguridad** en el hogar es un asunto que preocupa a muchas personas, las cuales recurren a empresas especializadas en prestar servicios de vigilancia a cambio de pagar una determinada cuota mensual, sin embargo existen otras alternativas a estos métodos, que son las que vamos a tratar de encontrar en este trabajo, para ello estudiaremos los tipos de sistemas de alarma existentes, extrayendo de estos las características más interesantes, las cuales usaremos para diseñar un prototipo propio de sistema de seguridad con funciones de alarma, e incluso una serie de funcionalidades añadidas las cuales son de utilidad para el usuario.

En este trabajo se va a hablar también de la **domótica**, la cual está íntimamente relacionada con el sistema que vamos a construir, nos adentraremos en la teoría de los sistemas domóticos, así como su aplicación práctica en el prototipo.

El prototipo será construido sobre un **microprocesador** el cual será el elemento central, debido a su versatilidad a la hora de programarlo es la opción más adecuada teniendo en cuenta que podemos añadir a este los periféricos que queramos para conseguir unas funciones determinadas como se explicará en los posteriores apartados. Dedicaremos también un capítulo para profundizar en el estudio de estos dispositivos.

1.1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es diseñar un **sistema de alarma para una vivienda aislada**, de manera que, con el uso de la electrónica, domótica, automatización y aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo del grado, el prototipo final cumpla una serie de características que a gran escala son las siguientes:

- Alarma antintrusos, con aviso vía llamada telefónica o SMS.
- Alarma antincendio.
- Alarma detectora de monóxido de carbono.
- Alarma antinundación.

Estas son las cuatro características básicas del sistema que se va a diseñar, siendo la más prioritaria la alarma antintrusos, el resto de las alarmas (monóxido, incendio e inundación) se han agregado como un añadido adicional.

También se pretende añadir otras funcionalidades relacionadas con la domótica, como que el usuario pueda cortar el suministro de agua y gas desde un cuadro de mandos general. En este cuadro de mandos el usuario obtendría la información de los eventos en una pantalla LCD.

Respecto a los avisos de las alarmas, al ser la alarma antintrusos la más prioritaria se programará para que su aviso sea por llamada telefónica al usuario, mientras que el resto de las alarmas, dispondrán de un aviso vía notificación en una aplicación móvil.

Para llevar a cabo el proyecto se usarán uno o varios microprocesadores además de todos los componentes electrónicos que sean necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

2. Los sistemas de seguridad

Es conveniente, antes de pasar al propio diseño del sistema en sí, mencionar otros aspectos que son importantes de cara a este trabajo como lo son el contexto histórico de los sistemas de seguridad, el mercado de estos en la actualidad o algunos conceptos básicos que debemos conocer para poder diseñar nuestro propio sistema teniendo información suficiente.

2.1. Historia de los sistemas de seguridad

Si nos remontamos a antes de la irrupción de la electrónica o incluso de la electricidad, los seres humanos ya tenían métodos mucho más rudimentarios para detectar presencias no deseadas en sus propiedades, como perros guardianes que ladran en caso de detectar a alguien desconocido o campanillas mecánicas en las puertas que avisaban cuando alguien entraba.

Hughes (2012) nos habla de la historia de los sistemas de seguridad. Según este autor, la primera alarma electromagnética del mundo la patentó Augustus Russell Pope de Somerville, Boston, a fecha de 21 de junio de 1853, es decir, hace 170 años. Pope ideó un dispositivo a pilas, el cual tenía un circuito eléctrico unido a puertas y ventanas, de tal manera que al abrir cualquiera de ellas el circuito se cerraba y el imán conectado generaba una vibración que se transmitía a un martillo para producir el sonido, además la alarma no se desconectaba cerrando la puerta o ventana si no que poseía un mecanismo con un muelle que mantenía el circuito eléctrico conectado.

Pope fue Pionero en la invención de las alarmas modernas, pero otra persona de relevancia en el mundo de las alarmas fue Edwin Holmes, el cual en 1857 compró los derechos de la alarma de Pope además de fundar la primera empresa de instalaciones de alarmas eléctricas.



Figura 1. Alarma de Pope en 1853.

Holmes era un hombre de negocios que supo publicitar el invento de Pope, además quiso aprovechar los cables telegráficos para que las alarmas funcionaran con estos, ahorrando con ello costes de instalación.

Posteriormente su hijo, Edwin T. Holmes siguió con la idea de su padre y lo que consiguió fue aprovechar las conexiones telefónicas no usadas en las oficinas durante las noches para los sistemas de alarmas.

Siguiendo los pasos, Edward A. Calahan, que en 1867 había inventado el primer teletipo para el oro y la bolsa, ideó un sistema de alarmas conectadas en casas colindantes de manera que, si asaltaban una, las propiedades vecinas iban a ser alertadas. No conforme con esto, mejoró el sistema creando una central de llamada de emergencias lista para reaccionar cuando se pidiera ayuda. El reconocimiento fue tal que las cajas de alarma tipo Calahan se convirtieron en sistemas habituales en comisarías de policía y cuerpos de bomberos.

El siglo XX trajo nuevas tecnologías, y de la mano de estas, nuevos sistemas de alarma, hacia la década de 1970 se instalaron los primeros detectores de movimiento seguido de su estandarización en las décadas sucesivas de 1980 y 1990. Finalmente llegaron los primeros sistemas de alarma inalámbricos al mercado, que revolucionaron la tecnología de alarmas también a nivel práctico, ya que no era necesario el uso de cables.

2.2. Conceptos básicos de los sistemas de seguridad

Centrándonos ahora en los sistemas de alarma actuales vamos a exponer cuáles son los conceptos básicos de estos aparatos.

Un sistema de alarma es un elemento de seguridad **pasivo**, es decir advierten de una situación de peligro o de anomalía, aunque no la pueden evitar, cumplen una función disuasoria frente a diversos problemas ya sea la presencia de intrusos en una vivienda, un incendio, presencia de gases tóxicos etc.

El funcionamiento depende del tipo de sistema instalado, pero básicamente consiste en detectar la anomalía por medio de sensores y avisar por medio de actuadores, estas dos partes deben estar acompañadas por la unidad central, un microprocesador o derivado que es el encargado de gestionar las entradas y salidas tomando las decisiones adecuadas en base a su programación.

Brevemente las partes que podemos encontrar en estos sistemas son las siguientes:

- **Central procesadora:** es la CPU del sistema, alberga la placa base y la memoria principal, su función es recibir las señales de los distintos tipos de sensores conectados a ella y actuar en función de estas activando las salidas correspondientes, que pueden ser actuadores de diferentes tipos.
- **Teclado:** normalmente la función de este es activar o desactivar la alarma mediante algún código u otras opciones como la configuración del dispositivo.
- **Sirena:** es el actuador más común en los sistemas de alarma, al activarse genera un sonido y/o advertencia luminosa que provocan una función disuasoria.
- **Detector de movimiento:** son sensores que detectan algún cambio en las características del ambiente de manera que pueden detectar cuando se produce un movimiento en la zona que están cubriendo, sus tecnologías pueden ser de diversos tipos como se mostrará en el siguiente punto.
- **Contactos magnéticos:** otro tipo de sensor formado por circuito cerrado por un imán y un contacto muy sensible que al separarse cambia de posición, muy usado en puertas y ventanas para detectar cuando estas se abren.
- **Sensores inerciales o sísmicos:** son sensores menos comunes, detectan golpes y se usan para proteger elementos más específicos como cajas fuertes.
- **Detectores de rotura de cristales:** sensores que se activan al detectar una frecuencia muy aguda causada por la rotura de un cristal

2.3. Elementos de los sistemas de seguridad

En este punto vamos a estudiar más en profundidad los componentes de un sistema de seguridad, para que una vez conocidas las características de cada uno de ellos podamos diseñar nuestro propio sistema eligiendo aquellas que son más útiles.

2.3.1. Unidad central

Este es el elemento más importante de un sistema de seguridad, ya que es el encargado de que sensores y actuadores se comuniquen y realicen sus funciones de una manera correcta.

El aspecto exterior de este elemento es muy similar en todos los fabricantes de alarmas, suele constar de un teclado para la introducción de las claves de seguridad o la configuración de las diferentes funciones y en ocasiones una pantalla para mostrar la información al usuario, en los últimos años los interfaces de entrada y salida de datos se han sustituido por pantallas táctiles.



Figura 2. Unidad central de una alarma del fabricante PORAYS.

Internamente la unidad central se compone de un circuito impreso el cual cuenta con un microprocesador, conexiones para entradas y salidas y alimentación, así como otros componentes electrónicos y circuitería necesarios para el funcionamiento de la unidad, cada fabricante diseña sus placas base de una manera concreta por lo que las características de cada una pueden diferir mucho entre sí.

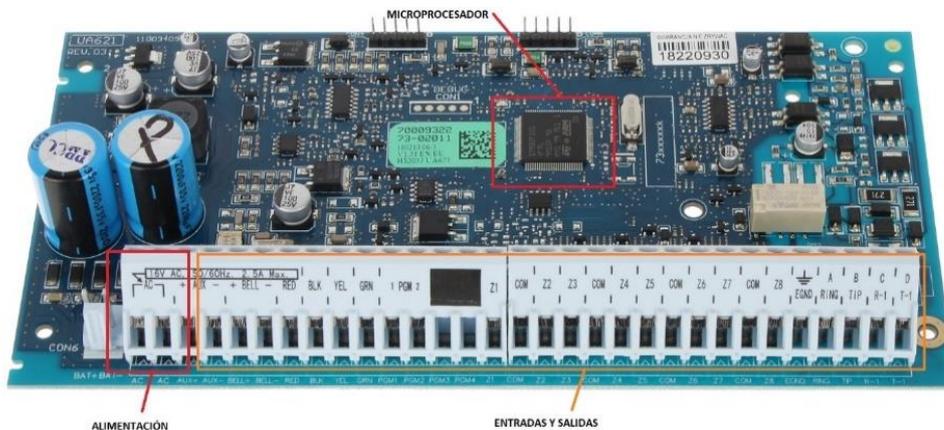


Figura 3. Placa base para sistema de alarma de la marca DSC.

2.3.2. Sensores y detectores

Entre los elementos de detección de magnitudes físicas existen dos tipos de aparatos cuyas funciones son similares, pero presentan pequeñas diferencias entre ellos, por un lado, están los **detectores**, que son aparatos capaces de determinar si una magnitud excede un rango, y por otro, los **sensores**, que miden magnitudes físicas y las transforman en magnitudes eléctricas.

Un sensor será útil cuando queremos conocer la magnitud exacta a medir, como, por ejemplo, la concentración de dióxido de carbono en una habitación o la temperatura, mientras que un detector se suele usar para fenómenos que oscilan entre dos posibles estados, si hay movimiento o no, si hay humo o no, etc.

En el ámbito de la detección existen multitud de tipos de sensores, el avance de la tecnología y de la electrónica de instrumentación ha hecho posible que se pueda medir casi cualquier característica presente en el mundo, en este punto vamos a centrarnos en los sensores y detectores más comunes en el ámbito de la seguridad en el hogar, que son los que se muestran a continuación.

- **Sensores de movimiento**

Dentro de esta clase de sensores existen diversos tipos en función de su tecnología de detección:

- **Sensor por infrarrojos**

Estos sensores hacen uso de la **radiación infrarroja** para su funcionamiento, esta radiación, también denominada radiación IR es un tipo de radiación electromagnética con una longitud de onda comprendida entre la luz visible y las microondas (desde 0,7 hasta 1000 micrómetros) lo que hace que no sea visible por el ojo humano. Esta radiación es emitida por cualquier cuerpo con temperatura superior a 0 Kelvin (-273 °C).

Un **sensor infrarrojo** es un dispositivo optoelectrónico que es capaz de medir la radiación infrarroja que emite un cuerpo por medio de un material piroeléctrico. Pueden ser de tipo pasivo (PIR), miden radiaciones provenientes de objetos, o activos si están formados por un emisor (LED) y un receptor (Fototransistor)

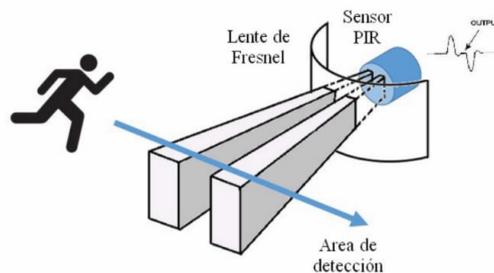


Figura 4. Esquema de funcionamiento de sensor infrarrojo pasivo (PIR).

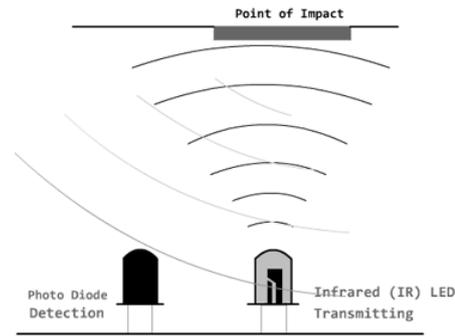


Figura 5. Esquema de funcionamiento de sensor infrarrojo de tipo activo.

- Sensor ultrasónico

El principio de funcionamiento de estos sensores se basa en las **ondas de sonido**, se usan ondas de alta frecuencia ($>20\text{kHz}$) las cuales no son percibidas por el oído humano.

El funcionamiento es similar al sensor activo de infrarrojos, un emisor emite la onda de sonido mediante un material piezoeléctrico, esta rebota en algún objeto y el receptor capta la onda mediante otro elemento piezoeléctrico generando una señal eléctrica. Calculando el tiempo entre la emisión y recepción de la onda se puede medir la **distancia** al objeto, lo que genera la posibilidad de ser usado como un detector de presencia.

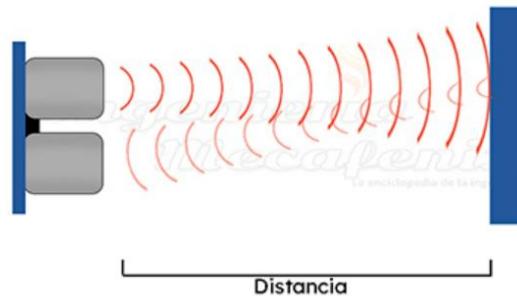


Figura 6. Esquema de funcionamiento del sensor ultrasónico.

- Sensor fotoeléctrico

Este sensor basa su funcionamiento en la **luz** emitida por un dispositivo y la intensidad de esta. Como sensor activo que es, precisan de un emisor y un receptor, presenta el inconveniente de que la luz del ambiente puede interferir en el funcionamiento del sensor, según su configuración diferenciamos tres tipos:

Fotocélulas de barrera: el emisor y receptor se encuentran separados, cuando un objeto lo suficientemente opaco interrumpe el haz de luz entre ambos el sensor se activa.

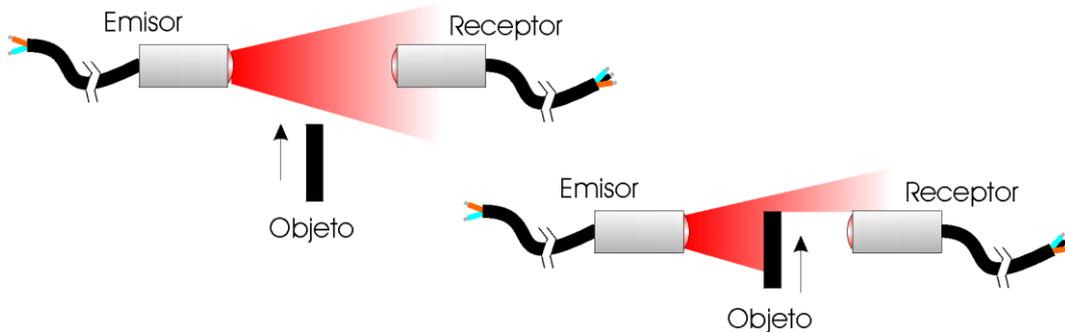


Figura 7. Esquema de funcionamiento de sensor fotoeléctrico de barrera.

Fotocélulas autorreflexivas: mismo principio de funcionamiento que las fotocélulas de barrera, pero en este caso sensor y receptor se encuentran en el mismo punto, por lo que se ahorra cableado. Cuando el haz de luz choca con un objeto esta se refleja en el receptor y el sensor se activa.



Figura 8. Esquema de funcionamiento de sensor fotoeléctrico autorreflexivo.

Fotocélulas reflexivas con reflector: funcionamiento idéntico a las células autorreflexivas, en este caso un espejo refleja la luz sobre el receptor de manera que el sensor se activa cuando el haz de luz es interrumpido por un objeto.

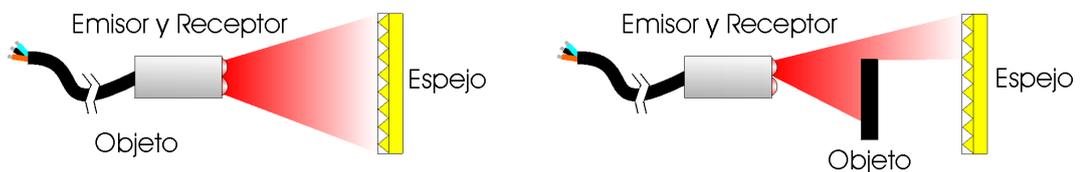


Figura 9. Esquema de funcionamiento de sensor fotoeléctrico reflexivo con reflector.

- **Detectores de incendio**

Los incendios en las viviendas son eventos ante los que hay que actuar de una manera rápida, por lo que la elección de sensores para su detección es crucial ya que de ellos dependerá en ocasiones la vida de personas, para detectar un incendio existen cuatro tipos principales de sensores, en función de que característica se usará para detectar el fuego: el humo producido, la temperatura, los gases que emite al ambiente o la propia llama.

- **Detector de humo**

Argüello (2021) afirma que los detectores de humo utilizan diferentes principios de funcionamiento para llevar a cabo su función, algunos son **fotoeléctricos** y funcionan de manera similar a los sensores de movimiento vistos anteriormente, ya que la presencia de humo distorsiona la señal de luz entre un emisor y un receptor.

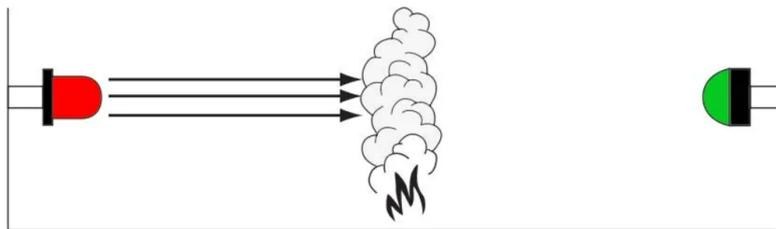


Figura 10. Esquema de funcionamiento de sensor de humo fotoeléctrico.

El otro tipo de sensores son los que funcionan por **ionización**, en estos, el dispositivo contiene una cámara de aire con dos placas cargadas eléctricamente y una fuente radioactiva para ionizar el aire entre estas. La fuente emite partículas que chocan con las moléculas de aire desalojando sus electrones. Se generan iones con cargas positivas y negativas en igual cantidad las cuales son atraídas a la placa correspondiente de su signo opuesto generando una corriente de ionización que se puede medir, como se aprecia en la Figura 11.

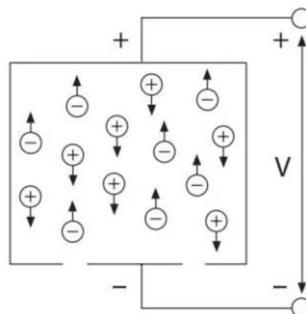


Figura 11. Distribución de iones.

Las partículas de los humos de combustión que entran en la cámara se combinan con las moléculas ionizadas, como estas son más grandes que las ionizadas, a medida que chocan y se combinan se reduce el número de partículas ionizadas (Figura 12), lo que afecta a la corriente de ionización con la cual se puede generar una alarma.

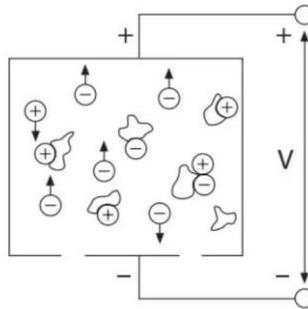


Figura 12. Iones combinados con partículas de combustión.

Estos dispositivos suelen contar con una cámara de ionización adicional para mitigar los efectos que producen los cambios de humedad, presión y temperatura del ambiente ya que pueden incurrir en falsas lecturas.

- Sensor de temperatura

Como indica Turmo (1980), en el ámbito de los detectores de calor o temperatura nos encontramos con distintas clases:

Termostáticos: son sensores que se activan al alcanzar una temperatura fija determinada, su modo de activación se puede realizar con diferentes técnicas, la más común consiste en un contacto formado por un metal eutéctico fusible el cual al fundir a la temperatura indicada hace saltar la alarma. El resto de las técnicas son similares, sustituyendo el metal eutéctico por un cable termosensible, una resistencia variable con la temperatura o una ampolla de cuarzo.

Termovelocímetros: estos sensores reaccionan a la velocidad de cambio de temperatura, cuando esta supera un determinado valor se activan, según su configuración interna pueden ser de cámara neumática, termoeléctricos o electrónicos.

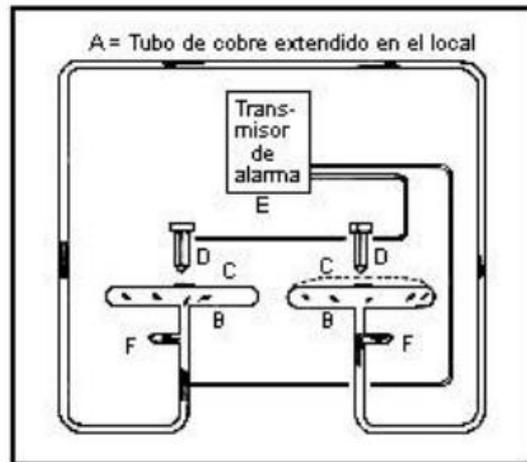


Figura 13. Esquema de un detector termovelocimétrico de tubo y cámara neumática.

- Sensor de llama

Existen ocasiones en las que una combustión no genera humos por lo que esta solo se puede detectar por la llama generada, para ello existen sensores que detectan la **radiación infrarroja** y los **rayos ultravioletas** que las llamas emiten: detectores infrarrojos de llama, detectores ultravioletas de llama y detectores que combinan ambas tecnologías.

• Sensores de inundación

Este tipo de sensores detectan fugas de agua en la instalación de la vivienda. Se colocan en zonas donde existe riesgo de fuga como cocinas o baños. Su funcionamiento es muy sencillo, poseen dos contactos que se colocan a ras del suelo, en cuanto el nivel del agua crece el circuito se cierra avisando de la inundación de la sala. Los podremos encontrar de varios tipos, inalámbricos de manera que al activarse emiten un sonido de alarma mediante un altavoz integrado, como el de la Figura 14, o sin aviso acústico, para integrar en un sistema de alarma como un detector.



Figura 14. Detector de inundación inalámbrico.

- **Sensores de rotura de cristales**

Para proteger una vivienda ante intrusos hay sistemas muy conocidos usados en puertas y ventanas, normalmente estos constan de contactos magnéticos los cuales al abrirse la puerta o ventana se activan generando así la señal para activar la alarma.

Para el caso de una rotura de cristales existen un tipo especial de sensores que detectan estos sucesos mediante dos técnicas: **captación de sonido** mediante la incorporación de un micrófono que capta el sonido de la rotura de cristal a una determina frecuencia para que no sea interferido por otros sonidos y **sensores de presión**, los cuales detectan cuando el cristal ha sufrido un golpe brusco para generar la señal de aviso.

2.3.3. Actuadores

Una vez detectado es estímulo externo por el detector o el sensor, y procesada esta información por la unidad central, se debe llevar a cabo una acción, la cual estará determinada por el actuador elegido.

- **Indicadores acústicos**

Este tipo de dispositivos es muy común encontrarlos en los sistemas de seguridad genéricos del mercado. Consiste en un elemento que al activarse emite una señal sonora fuerte para alertar de algún suceso.

- **Indicadores luminosos**

Los indicadores luminosos son útiles para mostrar información al usuario de forma sencilla, por ejemplo, para conocer si un determinado sensor se ha activado o no. Se implementan por medio de bombillas, normalmente tipo LED.

- **Relés**

Un relé es un dispositivo que puede abrir o cerrar un determinado circuito electromagnéticamente, con lo cual, conectado a una salida de una unidad de control podemos hacer uso de estos para cerrar y abrir circuitos automáticamente. Detallaremos su funcionamiento en el Capítulo 5 de este trabajo.

- **Electroválvulas**

Una electroválvula presenta un funcionamiento similar al del relé, solo que estas cierran y abren circuitos que controlan el caudal de un líquido o un gas. Su funcionamiento también será estudiado en este trabajo.

2.4. El mercado de los sistemas de alarma en la actualidad

El mercado de las alarmas de seguridad en España es un sector que está en continuo auge, y es que, según datos del Ministerio de Interior, desde el año 2013, las instalaciones de sistemas de alarma y videovigilancia en viviendas y negocios no ha dejado de crecer, lo cual no es causa directa de un aumento de los robos, ya que estos siguen una tendencia más bien bajista en nuestro país en los últimos años. El aumento se debe principalmente a la publicidad que inunda los medios con este tipo de instalaciones, como explica Zuil en un artículo publicado para El Confidencial en 2018.

Existen importantes compañías que tienen prácticamente monopolizado el sector, las dos empresas punteras en el sector en nuestro país son Securitas Direct y Prosegur. Estas dos casas cuentan entre sus servicios comunes con alarmas videovigiladas y conectadas con la policía las 24 horas por las que sus clientes deben asumir una cuota mensual con tal de recibir estos servicios.

En este trabajo se pretende realizar un prototipo de sistema de alarma por lo que más que realizar un estudio de mercado de grandes compañías y servicios ofrecidos lo que haremos en este punto será comparar diferentes dispositivos de seguridad, tanto en características como en precios.

2.4.1. Estudio de mercado de los componentes de un sistema de alarma

Vamos a estudiar los diferentes tipos de dispositivos de alarma existentes en el mercado, mencionando sus características principales y su precio, para que una vez teniendo conocimiento de estas podamos diseñar un sistema de alarma que se ajuste a las características de los aparatos existentes en el mercado actual.

- **Unidad central**

En lo que a unidad de procesamiento se refiere, en el mercado podemos encontrar módulos ya programados para la función específica de actuar como unidad central de un sistema de alarma, a los que podemos conectar diferentes sensores, detectores y actuadores, las diferencias entre estos variarán entre el número de entradas y salidas que soportan, los tipos de comunicación que admiten, tamaño de memoria y otras características que detallaremos. Evidentemente el precio del producto variará en función de las características de este.

Entre las características más importantes a destacar son las tres que se describen a continuación:

Zonas: Las alarmas pueden dividirse por zonas de seguridad, por ejemplo, en una vivienda con varias estancias podemos dividir el área principal a proteger de otras subáreas de trabajo de la alarma. Las zonas pueden estar cableadas (método más seguro) o pueden comunicarse con la unidad central de forma inalámbrica. Este método hace posible que se pueda activar la alarma en las zonas concretas de la vivienda sin afectar al resto.

Comunicación: Para la comunicación entre la alarma, el usuario y los dispositivos conectados a ella existen diferentes tecnologías, siendo el GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles) uno de los métodos de comunicación más extendidos. Más adelante en este trabajo se explicará esta tecnología, así como otros métodos de comunicación.

Salidas: Hace referencia al número de dispositivos que podemos conectar a la unidad, ya sean actuadores u otro tipo de dispositivos como pantallas o teclados.

Realizaremos una búsqueda online en páginas dedicadas a la venta de sistemas de seguridad, así como otras mas generalistas.

En primer lugar, encontramos la unidad central de alarma **C24GSM / PLUS** de la marca AMC, cuyas características principales son las 8 zonas cableadas ampliables a 24 y las 5 salidas ampliables a 8, en la Tabla 1 se resumen las características de esta, cabe destacar que existe una versión superior, la C64GSM/PLUS, la cual cuenta con mejores características pero que de cara a nuestro prototipo estaría sobredimensionada.

Esta unidad central incorpora fuente de alimentación y caja de protección para el circuito electrónico.



Figura 15. Placa base de la alarma C24GSM/PLUS

Tabla 1. Características principales de la unidad central C24GSM de AMC.

SALIDAS	5/8
COMUNICACIÓN	GSM/RS485
ZONAS	8/24
PARTICIONES MEMORIA	PARTICIONES:4 CODIGOS DE USUARIO:999 REGISTRO DE EVENTOS:1000
DIMENSIONES	202 x 152 x 52 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	-20 °C ~ 50 °C
ALIMENTACIÓN	2.1A @ 13.8Vdc
PRECIO	356,73 €
LINK DE COMPRA	https://cutt.ly/Q89wtsA

Otra opción que encontramos en el mercado es la central cableada **PARADOX**, este modelo concreto posee unas características muy interesantes con 8 zonas cableadas ampliables a 192, cuenta con diferentes tecnologías de comunicación (IP, GPRS, GSM, TCP/IP), 5 salidas programables ampliables a 32, además cuenta con una aplicación que se puede instalar en un dispositivo móvil para monitorizar la alarma. Debido a la elevada cantidad de zonas que soporta esta sería una buena opción para edificios comunitarios con muchas salas como escuelas, oficinas etc.

Tabla 2. Características principales de la unidad central PARADOX.

SALIDAS	5 + 32
COMUNICACIÓN	IP GPRS GSM TCP/IP
ZONAS	MAX:192 CABLEADAS:8 ATZ: HASTA 16
PARTICIONES MEMORIA	PARTICIONES:8 CODIGOS DE USUARIO:999 REGISTRO DE EVENTOS:2048
DIMENSIONES	202 x 99 x 41 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	-20 °C ~ 50 °C
ALIMENTACIÓN	AC 16V 100mA
BATERÍAS	12V 7Ah
PRECIO	158,80 €
LINK DE COMPRA	https://cutt.ly/489erTP



Figura 16. Placa base de la alarma PARADOX.

Por último, estudiamos una opción más económica, el módulo **Ajax AJ-OCBRIDGEPLUS**, el cual es un módulo para integrar diferentes dispositivos (sensores, actuadores, teclados...), se pueden añadir hasta 100 dispositivos vía radio 868MHz y dispone de 8 zonas. Además, una de sus ventajas es que la comunicación entre el módulo y los dispositivos puede alcanzar hasta los dos kilómetros de una manera inalámbrica.

Tabla 3. Características principales de la unidad central Ajax AJ-OCBRIDGEPLUS.

COMUNICACIÓN	Jeweller 868 MHz
ZONAS	CABLEADAS: 8 ESPECIALES: 5
PARTICIONES MEMORIA	PARTICIONES:4 CODIGOS DE USUARIO:999 REGISTRO DE EVENTOS:1000
DIMENSIONES	95 X 92 X 18 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	-20 °C ~ 50 °C
ALIMENTACIÓN	DC 8-14V 115mA
PRECIO	55,37 €
LINK DE COMPRA	https://cutt.ly/e4zXtSt

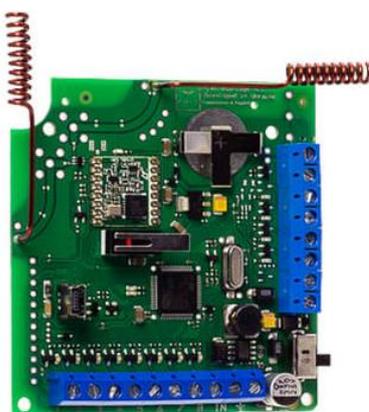


Figura 17. Placa base de la alarma Ajax AJ-OCBRIDGEPLUS.

- **Sensores de movimiento**

El mercado de estos dispositivos es muy extenso, siendo la principal diferencia entre los diferentes sensores las tecnologías de detección, que se han explicado anteriormente, donde las predominantes son las tecnologías PIR e Infrarrojos.

El sensor de movimiento **Pyronix KX15DTAM** es una de las opciones más fiables ya que cuenta con doble tecnología de detección (PIR + microondas), la comunicación es cableada y está indicado para trabajar en interiores.

Tabla 4. Principales características técnicas del sensor Pyronix KX15DTAM.

TECNOLOGÍA	PIR + MICROONDAS
RANGO DE DETECCIÓN	15/18/30 metros
VELOCIDAD DE DETECCIÓN	0.25 a 2.5 ms
DIMENSIONES	114 X 67 X 47 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	-30 a 70 °C
ALIMENTACIÓN	DC 9-16V / 13-16mA
SALIDA RELÉ	DC 60V / 50mA
OTROS	SENSIBILIDAD AJUSTABLE 3 LENTES DISPONIBLES
PRECIO	47,93 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/kpt26



Figura 18. Envoltente del sensor Pyronix KX15DTAM.

En cuanto a una gama más básica podemos encontrar alternativas como el detector **LEXMAN** con tecnología PIR 180° y un alcance de 3,5m, es apto para exteriores y su precio es bastante económico, la deficiencia de este aparato concreto es que su alimentación es a 220V y no permite la conexión a una unidad central. Un uso apto sería para encender luminarias a 220V que sirvan de señal disuasoria en caso de un allanamiento de la vivienda.

Tabla 5. Características del detector LEXMAN.

TECNOLOGÍA	PIR
RANGO DE DETECCIÓN	180° 12 metros
VELOCIDAD DE DETECCIÓN	0.25 a 2.5 ms
ALIMENTACIÓN	220-240V
OTROS	MAX 1200W
PRECIO	6.99 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/t4p6l



Figura 19. Detector LEXMAN.

En otros tipos de tecnologías podemos encontrar **barreras infrarrojas**, las cuales difieren principalmente en el rango de distancias que pueden barrer, en este caso encontramos una barrera de infrarrojos de la marca Heiman, en concreto el modelo **ABH200** que barre distancias de hasta 200 metros en exterior y 600 metros en interior, con lo que puede resultar una buena opción para proteger grandes espacios como naves o almacenes.

Tabla 6. Características de la alarma ABH200 de Heiman.

TECNOLOGÍA	INFRARROJOS (Cuádruple haz)
RANGO DE DETECCIÓN	200m EXTERIOR 600m INTERIOR
VELOCIDAD DE DETECCIÓN	35 - 700m/sec
Tª FUNCIONAMIENTO	-25 a 55°C
ALIMENTACIÓN	DC 12-24V AC 11-18V
SALIDA	DC 30V / 0.5A MÁX
OTROS	ANGULO AJUSTABLE 100mA consumo máx
PRECIO	87,60 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/bq75m



Figura 20. Alarma ABH200 de Heiman.

Volviendo a los sensores de tecnología PIR nos encontramos con el **EKMB1309111K** del fabricante PANASONIC, un dispositivo de reducidas dimensiones ideal para espacios interiores, además admite voltajes de trabajo muy reducidos lo que hace posible una alimentación mediante baterías para usar en viviendas aisladas de la red eléctrica. Es conectable a una unidad central.

Tabla 7. Características del sensor EKMB1309111K

TECNOLOGÍA	PIR
RANGO DE DETECCIÓN	90° - 3,5m
DIMENSIONES	15 X 12 X 5 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	-20 a 60°C
ALIMENTACIÓN	DC 2,3-4V
PRECIO	14,21 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/roa4i



Figura 21. Sensor EKMB1309111K de PANASONIC.

- **Detectores de incendio**

Como ya se ha comentado, existen diferentes tipos de detectores de incendio en función de su tecnología de detección, en el mercado encontramos por ejemplo el detector de humo y monóxido de carbono **Ajax AJ-FIREPROTECTPLUS**, el cual, además de detectar humo y monóxido de carbono, cuenta con sensor de temperatura y sirena incorporada, la alimentación es mediante batería. Este detector está diseñado para trabajar independientemente por lo que no sería muy útil en un sistema centralizado de alarma.

Tabla 8. Características principales de la alarma Ajax AJ-FIREPROTECTPLUS.

TECNOLOGÍA	Sensor fotoeléctrico, térmico, termovelocimétrico y de monóxido de carbono (CO)
DETECCIONES	Humo, CO, incremento rápido de temperatura y umbral de temperatura
DETECCIÓN UMBRAL DE Tª	+ 59 °C ± 2 °C
DIMENSIONES	132 X 132 X 31 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	0 a 65°C
ALIMENTACIÓN	DC 3V
OTROS	Sirena incorporada 85 dB
PRECIO	90,08 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/61w2r



Figura 22. Aspecto exterior de la de la alarma Ajax AJ-FIREPROTECTPLUS.

Otra opción en cuanto a detectores de humo sería un **detector óptico** convencional como el **A30XHS** de la marca Cofem, se puede conectar a una unidad central, pero presenta la limitación de que al ser de tipo óptico solo detecta incendios que generan humos.

Tabla 9. Principales características del sensor A30XHS.

TECNOLOGÍA	Óptico (Efecto Tyndall)
DETECCIONES	Humo
DETECCIÓN UMBRAL DE Tª	-
DIMENSIONES	95 X 31 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	-10 a 50°C
ALIMENTACIÓN	DC 12-30V
OTROS	Salida a indicador remoto
PRECIO	20,43 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/2w1czk



Figura 23. Sensor A30XHS.

Si lo que buscamos en un sensor de incendios económico, pero con garantías de detección lo ideal sería uno que cuente con **sensor óptico** y **térmico** como el **A30XH**, el cual es similar al anterior pero además añade un sensor térmico que se activa al llegar a una temperatura de 55°C.

Tabla 10. Principales características del sensor A30XH.

TECNOLOGÍA	Óptico (Efecto Tyndall) + sensor térmico
DETECCIONES	Humo + temperatura
DETECCIÓN UMBRAL DE Tª	55°C
DIMENSIONES	95 X 31 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	-10 a 50°C
ALIMENTACIÓN	DC 12-30V
OTROS	Salida a indicador remoto
PRECIO	21,53 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/eu46y

- **Detectores de inundación**

Puesto que los problemas por inundación son menos comunes en las viviendas, el mercado de este tipo de sensores no es tan amplio como los estudiados anteriormente sin embargo podemos hallar algunos dispositivos que alertan de este tipo de alarmas como los que se muestran a continuación.

Encontramos por ejemplo el sensor **Ajax AJ-LEAKSPROTECT** cuyos aspectos a destacar son que es inalámbrico por lo que puede funcionar y comunicarse con la unidad central sin necesidad de cables.

Tabla 11. Principales características del sensor de inundación Ajax AJ-LEAKSPROTECT.

DIMENSIONES	60 X 60 X 14 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	0 a 50°C
ALIMENTACIÓN	DC 2,3-4V
OTROS	Protección IP65
PRECIO	39,67 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/14bls



Figura 24. Sensor de inundación Ajax AJ-LEAKSPROTECT.

Otro modelo de estos sensores sería por ejemplo el detector de fugas de agua **Honeywell W1KS**, detecta fugas de agua además de congelación en tuberías, posee conectividad Wifi para comunicarse con el usuario vía móvil, en este caso no es necesaria unidad central. Presenta un cable que actúa a modo de sonda en la zona donde se quiere detectar la fuga, además, es posible añadir cables adicionales para controlar un mayor número de zonas.



Figura 25. Detector de fugas de agua Honeywell W1KS.

Tabla 12. Principales características del detector de fugas de agua Honeywell W1KS.

RANGO DE DETECCIÓN	Detección de humedad 0-100% Detección de agua cada 60seg
VELOCIDAD DE DETECCIÓN	Detección de temperatura y humedad una vez cada hora
DIMENSIONES	78 X 78 X 32 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	0 a 60°C
ALIMENTACIÓN	DC 2,3-4V
OTROS	Alarma de 120dB
PRECIO	85,30 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/fnvfe

- **Sensor de rotura de cristales**

Las ventanas son punto crítico cuando hablamos de seguridad en una vivienda, es por ello que añadir un sensor de rotura de cristales a nuestro sistema de seguridad nos va a aportar un extra de fiabilidad en nuestro sistema.

En el mercado encontramos dispositivos de este tipo como el **Ajax AJ-GLASSPROTECT**, con comunicación inalámbrica, lo que favorece la estética al no tener cables visibles en las ventanas. Su funcionamiento se basa en un sensor microfónico, el cual es un sensor de alta fiabilidad para este tipo de aplicaciones.

Tabla 13. Características del detector de rotura de cristal Ajax AJ-GLASSPROTECT.

TECNOLOGÍA	Sensor microfónico
RANGO DE DETECCIÓN PIR	9 metros
DISTANCIA DE TRANSMISIÓN	1000 metros en espacios abiertos
DIMENSIONES	90 X 20 mm
Tª FUNCIONAMIENTO	0 a 50°C
ALIMENTACIÓN	DC 3V
OTROS	Sensibilidad ajustable
PRECIO	50,41 €
LINK DE COMPRA	https://n9.cl/g91a0



Figura 26. Detector de rotura de cristal Ajax AJ-GLASSPROTECT

3. La domótica y el Internet de las cosas

Si nos remontamos a como era la vida cotidiana en los años veinte, observaremos que era completamente diferente a la de hoy día, es probable que gran parte de la población no tuviera ni electricidad y la mayoría de las tareas del hogar fueran realizadas ‘a mano’. Avanzando cincuenta años, en la década de los setenta, los avances respecto a los años veinte eran considerables, la mayoría de población seguramente ya contaba con una televisión en su hogar, teléfono y algunos electrodomésticos propiciados por el avance de las tecnologías.

A lo que se quiere llegar con estos ejemplos, es que la evolución de la tecnología es apreciable tomando como referencia dos épocas muy alejadas el tiempo, pero ¿y si comparamos la tecnología actual (2023), con la de hace tan solo 5 años? Nos inclinaremos a pensar que los cambios no han sido muchos, pero lo cierto es que no es así, la innovación, con el descubrimiento de nuevas tecnologías hace que la ingeniería se retroalimente continuamente, con el surgimiento de nuevas necesidades que antes no existían. Por ejemplo, la **domótica**.

Hoy en día es difícil no encontrarse con cualquier atisbo de domótica en una vivienda, luces regulables a través de una aplicación móvil, termostatos programables, etc. Muchos de estos ejemplos se nos hacen indispensables para vivir hoy día, sin embargo, son necesidades que hace treinta, cincuenta, o cien años no estaban creadas, al igual que habrá necesidades que tengamos dentro de algunos años que hoy desconozcamos, por lo que la domótica, cuya descripción será expuesta en el siguiente punto, es una consecuencia de la evolución tecnológica y la **ingeniería**.

3.1. ¿Qué es la domótica?

Según Guzmán (2015), se entiende por definición de **domótica** “la tecnología que automatiza las funciones e instalaciones de un edificio o vivienda para aumentar la comodidad, la seguridad y el ahorro de energía. Se basa en los nuevos avances producidos principalmente en tres campos: la electrónica, la informática y las comunicaciones, integrándolas en un único sistema aplicado sobre una estructura arquitectónica.”

Aunque el propio autor indica que esta definición puede llevar a equivocación con el término de automática por lo que introduce una definición más concreta: “Un **sistema domótico** es aquel que permite integrar y controlar diferentes sistemas, automatizados o no, cada uno de ellos de manera independiente, desde una única ubicación y con una simple actuación” (Guzmán, 2015).

Desde un punto de vista más actual es cierto que la segunda de las dos definiciones reflejadas en las anteriores líneas es la que más se adecua a lo que entendemos por domótica hoy en día, pues un sistema domótico está diseñado para controlar los diferentes elementos conectados a él, de manera independiente o conjunta, aunque eso sí, se podría rebatir que solo se pueden controlar desde una única ubicación pues se podrían configurar para ser manipulados desde cualquier lugar vía internet.

3.1.1. Ventajas e inconvenientes de la domótica

No se puede decir que la domótica sea algo necesario e imprescindible en la sociedad de hoy, porque es cierto que se puede vivir si ella. No así, lo que no podemos negar es que su implantación en la vida cotidiana de los hogares nos facilita mucho la vida, principalmente aportándonos **confort** y **bienestar**. Con su uso podemos automatizar tareas que de otro modo tendríamos que realizar manualmente.

Desde el punto de vista de la seguridad en el hogar, tener implantado un sistema con distintos tipos de alarmas ante diversas situaciones (robos, inundaciones, incendios...) también aporta al usuario una sensación de **seguridad** adicional, ya que ante cualquier anomalía en la vivienda se va a generar una señal de alarma.

Al implantar un sistema domótico, otro de los puntos beneficiosos que vamos a poder conseguir es una **gestión energética** más eficiente del hogar, por ejemplo, programando en el controlador las franjas horarias adecuadas para que la calefacción o el aire acondicionado funcionen en las horas adecuadas, optimizando el **ahorro de energía** o programar las temperaturas por estancias en función de su concurrencia. Hechos que además se traducen en un ahorro económico para el usuario.

Como puntos negativos de estos sistemas, habría que mencionar la dependencia de elementos concretos para el buen funcionamiento del sistema, por ejemplo, si tenemos los diferentes sensores y actuadores conectados a un controlador central, este será un elemento crítico en el sistema, pues cualquier anomalía o fallo en el mismo provocará la caída de todo el conjunto. Una solución a esto podría ser, si tenemos un sistema domótico con diferentes elementos, programar cada uno con su controlador independientemente (distribuido), de manera que, aunque uno falle no afecte al resto de dispositivos, como también se explicará en los siguientes puntos.

3.1.2. Clasificación de los sistemas domóticos

Ateniéndonos a Guzmán (2015), podemos clasificar los sistemas domóticos según dos conceptos, el tipo de **soporte usado para la comunicación** y el tipo de **tecnología de control**.

Según el tipo de soporte usado para la comunicación:

- Sistemas punto a punto (estrella)
- Sistemas mediante bus
- Sistemas mixtos de comunicación
- Sistemas sobre la red eléctrica (onda portadora)
- Sistemas sobre otros soportes

La comunicación entre los sensores, actuadores y controladores es un elemento clave a la hora de diseñar un sistema de control, existen diferentes topologías y cada una tiene sus características, ventajas y desventajas, las cuales deberemos tener en cuenta para que el funcionamiento del sistema sea el adecuado en función de las necesidades.

- **Sistemas punto a punto (estrella)**

Esta es la configuración típica en sistemas con un único controlador, al cual se conectan todos los sensores o actuadores, estos no están enlazados entre sí, si no que se comunican a través del controlador, son ventajosos cuando la instalación a domotizar no contiene un elevado número de sensores y actuadores y presenta la desventaja de que el microcontrolador es un elemento crítico, ya que un fallo en él provocara que todo el sistema deje de funcionar.

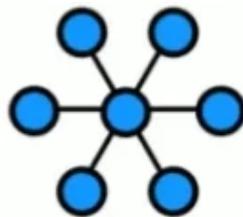


Figura 27. Esquema de un sistema domótico con conexión punto a punto o estrella.

- **Sistemas mediante bus**

Mediante esta topología los elementos del sistema están conectados a un bus por el que circula la información. Los dispositivos comparten el mismo canal para la comunicación entre ellos. Para una comunicación correcta debe especificarse un protocolo de comunicación adecuado.

Como ventajas de esta topología destacan un ahorro de cableado a la hora de interconectar los elementos de control, admite mayores distancias que los sistemas en estrella y sufre menos perturbaciones

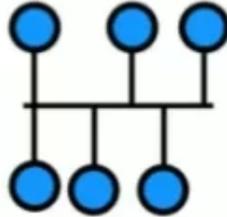


Figura 28. Esquema de un sistema domótico con conexión en bus.

- **Sistemas mixtos de comunicación**

Podemos combinar los dos tipos de sistemas anteriormente mencionados para generar un sistema de comunicación mixto, de manera que podemos aprovechar las características que nos interesan de cada uno para poder optimizar el funcionamiento del conjunto.

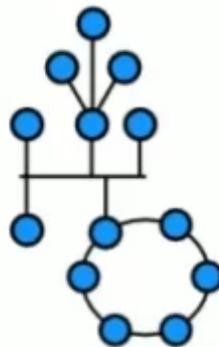


Figura 29. Esquema de un sistema domótico con conexión mixta.

- **Sistemas sobre la red eléctrica (onda portadora)**

Los sistemas denominados de onda portadora trabajan con ondas que se modulan en amplitud y frecuencia para enviar señales. La gran ventaja de este tipo de comunicación es que las señales pueden ser enviadas sobre infraestructuras ya construidas, por ejemplo, la red eléctrica de la vivienda, evitando con ello la realización de modificaciones u obras en la vivienda para instalar el sistema domótico, aunque bien es cierto que este tipo de sistemas pueden sufrir interferencias provocadas por la red eléctrica.

- **Sistemas sobre otros soportes**

Los medios de transmisión anteriormente mencionados son todos cableados, pero existen otras opciones que son muy interesantes, ya que nos permiten realizar las comunicaciones entre los dispositivos de una manera inalámbrica. Ejemplos de ello son las tecnologías, bluetooth, infrarrojos o wifi.

Hemos visto como conectar los diferentes elementos del sistema, vamos a explicar ahora como se pueden clasificar los sistemas domóticos en base a la configuración de los sensores y actuadores con el controlador o controladores.

Según el tipo de tecnología de control:

- Sistemas centralizados
- Sistemas descentralizados
- Sistemas distribuidos
- Sistemas mixtos de gestión

- **Sistemas centralizados**

En la Figura 30 se muestra un esquema de un sistema domótico centralizado, si nos fijamos, podemos darnos cuenta de que es similar al esquema de comunicación en anillo explicado anteriormente (Figura 27). El planteamiento es el mismo, el controlador se configura como unidad central, y al él se conectan los diferentes dispositivos, ya sea en anillo, bus o estrella. La unidad de control, mediante la programación que se le haya introducido se encargará de gestionar todas las entradas y salidas conectadas a él. En la Tabla 14 se describen ventajas y desventajas de este sistema.



Figura 30. Esquema de sistema domótico centralizado.

Tabla 14. Ventajas y desventajas de un sistema domótico centralizado.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mantenimiento centralizado en la unidad central.	Requiere de programación de la unidad central.
Óptimo para sistemas domésticos no muy grandes.	Número de entradas y salidas limitadas en función del controlador.
Permite la gestión de dispositivos via wifi.	El controlador es un elemento crítico en caso de fallo.

- **Sistemas descentralizados**

Normalmente se da por hecho de que todo el conjunto de elementos del sistema debe ser controlado por un procesador central, pero lo cierto es que cada vez es más común que los propios periféricos cuenten con un pequeño procesador que sustituye las funciones de la unidad central. Hablamos entonces de sistemas descentralizados cuando existe más de un controlador, cada uno de los existentes en el sistema controlará unos dispositivos determinados, pero debemos tener en cuenta comunicar entre sí cada uno de los controladores para coordinarlos entre sí y que el sistema no incurra en fallos, esto se puede realizar con un bus de comunicaciones conectado entre los controladores presentes en el sistema como se refleja esquemáticamente en la Figura 31. En cuanto a las ventajas y desventajas de esta configuración se muestran en la Tabla 14.

Tabla 15. Ventajas y desventajas de un sistema domótico descentralizado.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se pueden ampliar por zonas fácilmente.	Requiere de coordinación y programación entre las diferentes zonas.
Un fallo en una parte del sistema no afectará a todo el conjunto.	Es necesario una interfaz de usuario.



Figura 31. Esquema de sistema domótico descentralizado.

- **Sistemas distribuidos**

Un paso más allá de los sistemas descentralizados, nos encontramos con los sistemas distribuidos, los cuales tienen como característica peculiar que cada sensor y actuador de esta tipología de sistemas actúa como controlador, lo que quiere decir que pueden tanto recibir como enviar información al sistema. Los dispositivos se conectan en un bus de datos, y cada uno de ellos cuenta con autonomía para enviar o recibir consignas, la programación de todos ellos por medio de un interfaz de usuario será lo que propicie el funcionamiento deseado del sistema.

Tabla 16. Ventajas y desventajas de un sistema domótico distribuido.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Seguridad de funcionamiento.	Requiere de programación.
Facilidad de modificaciones y ampliaciones del sistema.	Es necesario una interfaz de usuario.



Figura 32. Esquema de sistema domótico distribuido.

- **Sistemas mixtos de gestión**

Combinando las tres anteriores tipologías podemos construir un sistema mixto de gestión, aprovechando las ventajas que nos propicia cada uno para adaptar el sistema a nuestras necesidades.

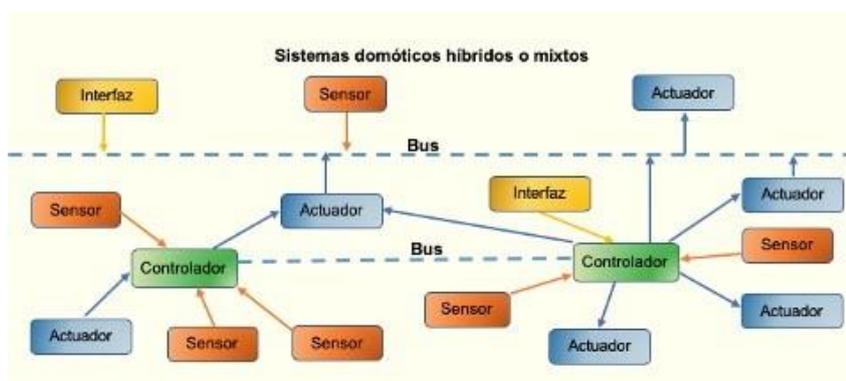


Figura 33. Esquema de sistema domótico mixto.

3.2. Elementos de las instalaciones domóticas

Vamos a adentrarnos en este punto en la teoría de los elementos que componen un sistema domótico, ya que es imprescindible conocer cuáles son sus principios de funcionamiento para así poder elegir aquellos elementos que mejor se adapten al sistema que queremos diseñar. Además, cada elemento tiene una serie de características concretas que será necesario conocer para que al realizar el prototipo el funcionamiento sea el esperado.

3.2.1. Sensores

Es comúnmente sabido que un sensor es un dispositivo capaz de **medir magnitudes físicas**, pero en este apartado vamos a adentrarnos más en cómo es el funcionamiento de estos y sus características.

3.2.1.1. Transductores

Para poder comprender el concepto de sensor, antes debemos tener claro otra noción, el de **transductor**. Atendiendo a la definición de Granda y Mediavilla (2014) los transductores son elementos que convierten señales físicas de un tipo en señales físicas de otro tipo, en el ámbito que nos atañe, se denomina transductor al elemento que transforma una magnitud física en una eléctrica (intensidad, voltaje o impedancia), de forma que esta es una réplica de la anterior.

Los transductores se pueden clasificar en función de la magnitud física que transforman, y en función de cuál sea esta usarán un principio de transducción concreto (Corona et. al, 2019). En la Figura 34 se muestran los diferentes principios de transducción los cuales describiremos a continuación.

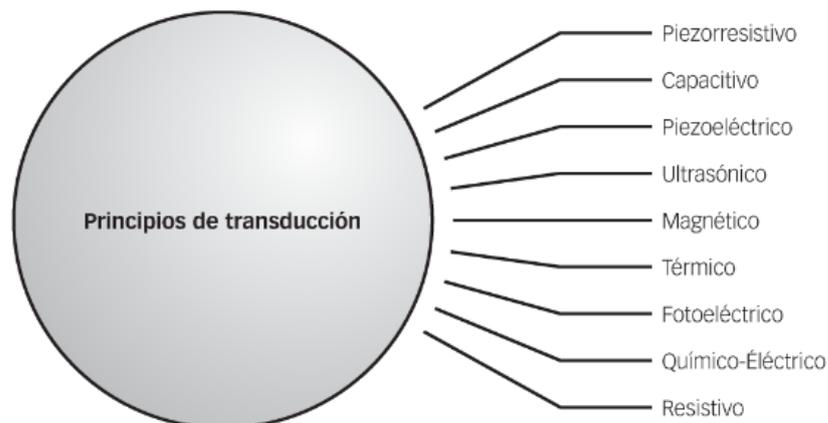


Figura 34. Principios de transducción de los transductores.

- **Principio de transducción piezoresistivo.**

La relación existente entre la resistencia eléctrica de un material y su deformación se denomina **piezoresistividad**. De manera general, la variación de la resistencia del material debido a una deformación en él es lineal, siempre y cuando la deformación sea de una magnitud pequeña.

Para usar este principio en la práctica, el material se conecta en un circuito eléctrico actuando como resistencia variable, se aplica un voltaje con una corriente constante y midiendo la variación de voltaje en los terminales del material podemos determinar cuánto se ha deformado el material (Figura 35).

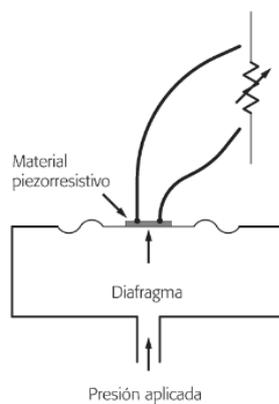


Figura 35. Representación de conexión para un transductor piezoresistivo.

La conexión suele realizarse mediante la conocida configuración en electrónica del **Puente de Wheatstone**, que es usada para determinar cambios relativos en una resistencia, en la Figura 36 se muestra un esquema de conexión. La relación entre las resistencias se muestra en la Ecuación 1.

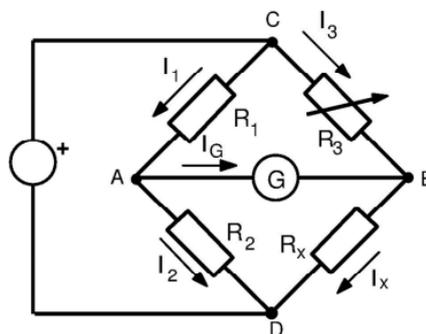


Figura 36. Puente de Wheatstone

$$R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

Adentrándonos en el marco teórico, el **coeficiente de piezorresistividad** (π) nos indica cuanto cambia la resistividad del material en base a la deformación. Se define según la Ecuación 2.

$$\pi = \frac{\frac{\Delta\rho}{\rho}}{E\varepsilon} \quad (2)$$

En donde:

$\frac{\Delta\rho}{\rho}$: Cambio de resistividad

ε : Deformación

E : Módulo de Young $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

La resistencia de un material (R) viene definida por la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (3)$$

En donde:

R : Resistencia [Ω]

ρ : Resistividad [$\Omega - m$]

l : Longitud [m]

A : Área de sección transversal [m^2]

A partir de la Ecuación 4 obtenemos la variación de resistencia:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta l}{l} \quad (4)$$

También podemos definir el efecto piezoresistivo mediante el **factor de deformación** (GF) cuya fórmula se muestra en la Ecuación 5, el cual a mayor magnitud, más apto será el material para ser usado como transductor.

$$GF = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\varepsilon} = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} \quad (5)$$

- Principio de transducción capacitivo:

Un **condensador** es un elemento que capaz de almacenar energía eléctrica entre dos terminales, está constituido por dos superficies conductoras, normalmente planas, separadas por un material dieléctrico (o por aire). Se define la capacidad de este según la Ecuación 6:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r F \quad (6)$$

En donde ε_0 y ε_r son las constantes dieléctricas del aire y del material dieléctrico respectivamente, y F un factor relacionado con la geometría de los conductores. Para el caso de un condensador formado por dos placas paralelas, $F = A/d$, con lo que la Ecuación 6 se quedaría de la siguiente manera:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} \quad (7)$$

Siendo A la superficie (m^2) de las placas del condensador y d la distancia de separación (m).

En función de su estructuración existen diversos tipos como se muestra en la Figura 37.



Figura 37. Tipos de condensadores según la configuración de sus terminales.

Haciendo uso entonces de los dos conceptos anteriores, mediante uno o más condensadores podemos medir desplazamientos, aplicando la Ecuación 7 se pueden medir variaciones ya sea de distancia entre terminales o variaciones del área de las placas

La ventaja de usar este tipo de transductores son varias, la señal es cero cuando están en el punto de equilibrio, con lo cual se pueden medir cambios diferenciales que además indican el sentido del movimiento, además, alrededor del punto de equilibrio el sistema es lineal (Corona et. al, 2019). Como punto en contra requieren de circuitería electrónica muy especializada. Son usados generalmente en sensores de presión, micrófonos, acelerómetros, sensores táctiles, etc.

- **Principio de transducción piezoeléctrico:**

La **piezoelectricidad** es la capacidad que tienen algunos materiales de generar carga eléctrica cuando son sometidos a una presión. También puede producir el efecto inverso, de manera que conectando una diferencia de potencial a un material piezoeléctrico podemos contraerlo o extenderlo en función de la polaridad de la conexión (Figura 38).

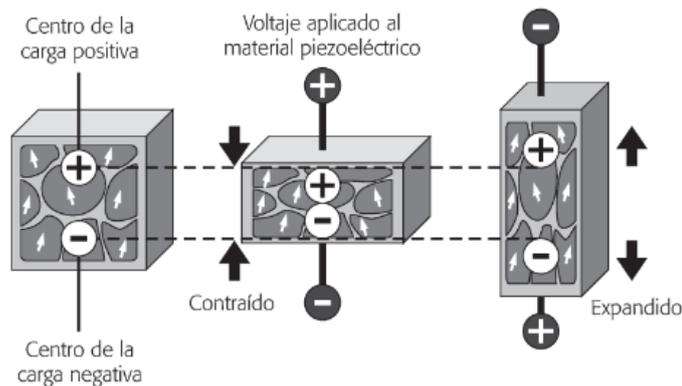


Figura 38. Efecto de la piezoelectricidad en un material.

La principal desventaja de este tipo de transductores es su alta susceptibilidad a la temperatura, ya que muchos materiales, con las variaciones de temperatura pueden llegar a dilatarse o contraerse generando falsas medidas. Los materiales piezoeléctricos se caracterizan por la Ecuación 8.

$$T = E\varepsilon - eE_c \quad (8)$$

En donde:

E : Módulo de Young $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

e : Coeficiente piezoeléctrico $[C/m^2]$

E_c : Campo eléctrico $[N/C]$

ε : Deformación

Remarcar que la diferencia de un material piezoresistivo y uno piezoeléctrico es que el primero cambia su resistencia eléctrica mientras que el piezoeléctrico sufre variaciones de voltaje cuando es sometido a deformaciones.

- **Principio de transducción ultrasónico**

Se define a una **onda ultrasónica** a aquella que está por encima de una frecuencia audible. La velocidad de estas ondas depende del medio en el que se propaguen, el principio de un transductor ultrasónico se basa en la conversión de la energía mecánica de la onda ultrasónica en otro tipo de energía, ya que esta, al chocar con un objeto, una parte de la misma será absorbida por el objeto, otra reflejada y otra transmitida, tal como se representa en la Figura 39. Con lo cual, podemos medir aspectos como la velocidad con la que la onda regresa, la atenuación, o si hay algún objeto en el camino que interrumpa el camino de la onda.

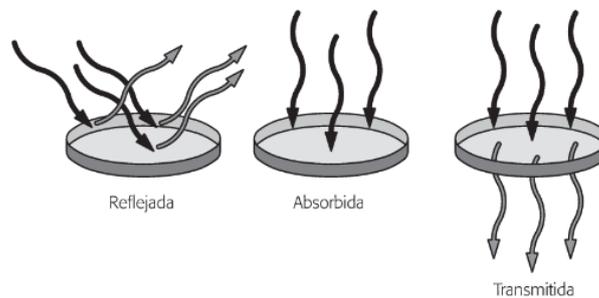


Figura 39. Reflexión, absorción y transmisión de una onda.

La base teórica de estos transductores es el **efecto Doppler**, que es un fenómeno por el cual la frecuencia de la onda percibida por un observador varía cuando el foco emisor y/o receptor se desplazan uno respecto del otro. Un ejemplo cotidiano es cuando oímos una ambulancia, la onda de sonido no es la misma, ya que depende de la posición relativa entre la ambulancia (emisor), y nosotros (receptor), esta casuística se refleja en la Figura 40.



Figura 40. Representación del Efecto Doppler.

Además del efecto Doppler, es necesario un transductor piezoeléctrico como los que hemos visto en el punto anterior, este se comprimirá o expandirá a causa de la onda mecánica, generando una señal eléctrica variable.

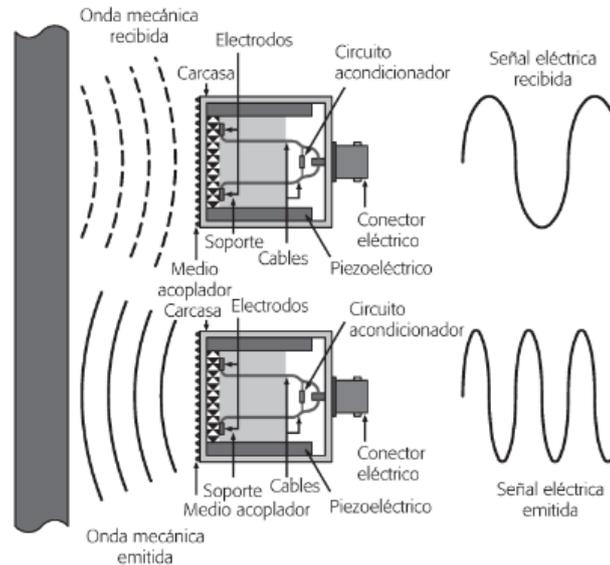


Figura 41. Principio de transducción ultrasónico.

En función de la disposición del emisor y receptor se puede usar estos transductores para un tipo de aplicación determinado, por ejemplo, situándolos en puntos separados para detectar la presencia de algún objeto, o en el caso de situarlos contiguos se puede medir la velocidad de un objeto respecto a una referencia.

- **Principio de transducción magnético:**

Este tipo de transductores basan su funcionamiento en convertir una señal magnética en una señal eléctrica medible, para ello se hace uso de tres principios básicos del electromagnetismo, que son los siguientes.

El efecto Hall: este efecto establece que si una corriente (I) circula a través de un conductor, en presencia de un campo magnético (B), se ejercerá una fuerza transversal (**fuerza de Lorentz**) que busca equilibrar el efecto de dicho campo, generando un voltaje de Hall, que podemos medir en los extremos del conductor, el efecto de Hall se representa en la Figura 42.

En resumen, el efecto Hall convierte un campo magnético a un voltaje equivalente, denominado voltaje de Hall (V_H), que para una placa conductora simple puede calcularse según la Ecuación 9.

$$V_H = \frac{IB}{ned_p} \tag{9}$$

En donde:

n : Densidad de portadores

d_p : Espesor de la placa conductora

I : Corriente eléctrica

e : Carga del electrón

B : Campo magnético

Este principio depende del coeficiente de Hall (R_H) medido en m^3/C y que tiene por expresión la mostrada en la Ecuación 10.

$$R_H = \frac{-1}{ne} \quad (10)$$

Las ventajas del uso de este efecto en transductores es la inmunidad al ruido o suciedad del sistema a excepción de si se trata de ruido magnético, por el contrario, si usamos algún material piezorresistivo, con la deformación del mismo podemos incurrir en errores de medida. Su uso más extendido es en sensores de posición.

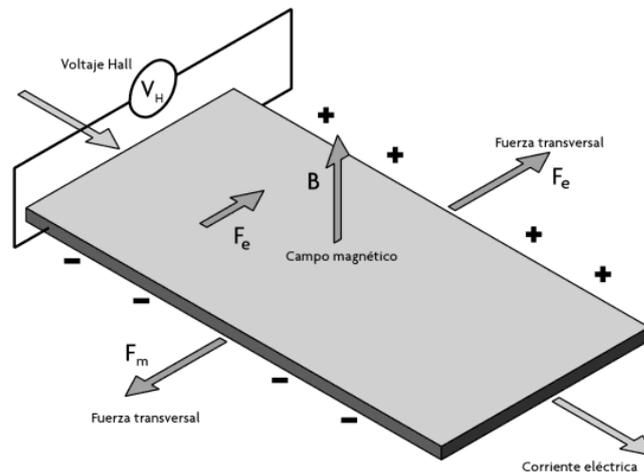


Figura 42. Representación del efecto Hall.

Ley de Faraday: Esta ley cuantifica la relación entre un campo magnético cambiante en el tiempo y el campo eléctrico creado por estos cambios. La inductancia (L) es la capacidad del conductor para almacenar la energía electromagnética de un campo.

Para llevar a cabo la Ley de Faraday necesitaremos un inductor para generar el campo magnético (una bobina con un núcleo, Figura 43). Podemos calcular la inductancia según la Ecuación 11.

$$L = \frac{N^2 \mu_c A}{l} \quad (11)$$

En donde:

L : Inductancia [H]

μ_c : Permeabilidad absoluta del medio [H/m]

N : Número de vueltas

l : Longitud del núcleo [m]

A : Área de sección transversal [m²]

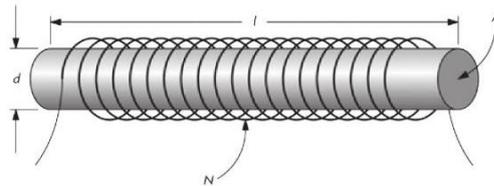


Figura 43. Bobina con núcleo.

En lugar de una placa conductora como usábamos para generar el efecto de Hall, ahora se usará una bobina. Con este principio podemos convertir velocidad angular en voltaje, con una constitución tipo como la de la Figura 44.

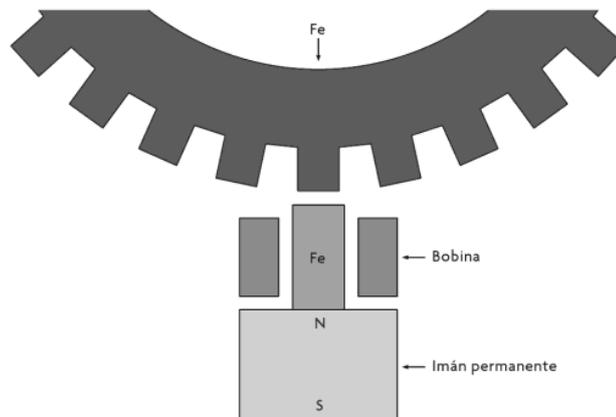


Figura 44. Aplicación de la Ley de Faraday para construir un transductor.

La rueda dentada al girar induce un voltaje en la bobina dado por la Ley de Faraday, expresada en la Ecuación 12.

$$V = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (12)$$

En donde:

V : Voltaje inducido [V]

N : Número de espiras en la bobina

$\frac{d\phi}{dt}$: Cambio de flujo magnético [Wb]

Si el flujo magnético cambia de manera periódica:

$$V = -\omega N n_T \phi_{pk} \cos(n_T \omega t) \quad (13)$$

En donde:

ω : Velocidad angular de la rueda [rad/s]

n_T : Número de dientes de la rueda

ϕ_{pk} : Amplitud del flujo magnético [Wb]

t : Tiempo [s]

Una de las desventajas del uso de esta ley para transductores es que no puede haber interacción con materiales dieléctricos, el transductor presentará un elevado consumo de energía y los circuitos de lectura son muy especializados. Como uso destaca su aplicación para convertir movimientos lineales en voltaje, como se puede apreciar en la representación de la Figura 45.

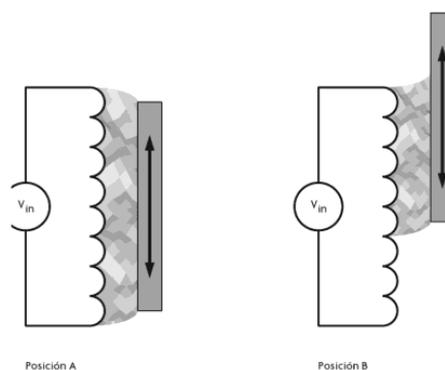


Figura 45. Principio de transducción inductivo.

Corrientes de Foucault: Otra forma de funcionamiento de un transductor magnético es la basada en corrientes de Foucault, estas corrientes se forman cuando por una bobina circula una corriente alterna, la bobina rodea un material permeable magnéticamente cuya impedancia variará generando las denominadas corrientes de Foucault. Su arquitectura la podemos apreciar en la Figura 46. Su principal uso es en la industria al ser inmune al ruido y a la suciedad.

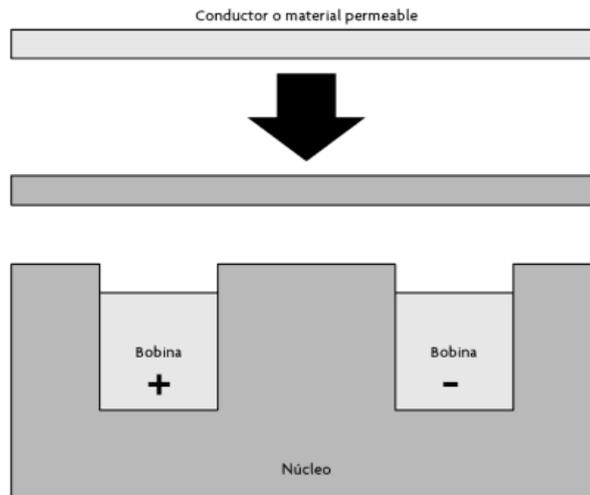


Figura 46. Transductor por corrientes de Foucault.

- Principio de transducción térmico:

Para poder relacionar y transformar la temperatura en una señal eléctrica medible o viceversa, podemos usar varios principios. En este apartado en cuestión se van a estudiar los dos sentidos del proceso, la conversión de energía térmica en eléctrica, haciendo uso de las **relaciones de Thomson**, y el proceso inverso, por medio del **efecto Joule**.

Efecto Joule: Es un efecto irreversible que relaciona la corriente que circula por un conductor con el calor que genera, como es sabido, la corriente eléctrica está compuesta por electrones (portadores de carga) en movimiento, a mayor corriente, mayor movilidad de estos, lo que generará colisiones las cuales provocarán calor que se disipará a través del conductor.

El efecto Joule es la relación mostrada en la Ecuación 14.

$$Q = I^2 R t \quad (14)$$

En donde:

Q : Calor [J]

I : Corriente eléctrica [A]

R : Resistencia eléctrica [Ω]

t : Tiempo [s]

Observamos que el calor desprendido es directamente proporcional tanto a la corriente como a la resistencia del conductor y el tiempo durante el cual circula la corriente.

Relaciones de Thomson: Para convertir el calor en energía eléctrica, según las leyes termodinámicas debe existir una diferencia de temperatura entre el sistema en cuestión y una referencia. Esto tiene su fundamento teórico basado en tres relaciones de Thomson:

- **Efecto Seebeck:** este efecto indica que al unir dos conductores que se encuentran a temperatura diferente, estos generarán una fuerza electromotriz al circuito que forman, si además en las uniones de los conductores se produce algún cambio de temperatura, la corriente que circula por el circuito también sufrirá variaciones, es importante que la temperatura en las uniones sea diferente para que exista corriente eléctrica, si los dos puntos de conexión presentan la misma temperatura, el campo eléctrico en cada uno será de igual magnitud pero de signos opuestos lo que no generará una corriente eléctrica. Un uso común de este principio es en los **termopares**.

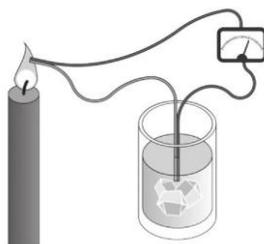


Figura 47. Efecto Seebeck.

- **Efecto Peltier:** este efecto es una complementación al efecto Seebeck, y explica cual será el comportamiento de la corriente generada por un sistema como el mostrado por ejemplo en la Figura 47. La unión de los conductores puede emitir o absorber calor, esta emisión o absorción será proporcional a la corriente eléctrica en el circuito y el sentido de la misma dependerá de si se está emitiendo o absorbiendo calor.

- **Efecto de Thomson:** por último, el efecto de Thomson, que se trata de un efecto reversible, establece según Corona, que si una corriente que circula por un conductor introducido en un gradiente de temperatura, el calor generado o absorbido será proporcional al producto de la corriente por el gradiente de temperatura.
- **Principio de transducción fotoeléctrico:**

Este principio está basado en la conversión de la luz a una señal eléctrica. La teoría se explica con los **fotones**, llamados por Albert Einstein “cuantos de luz”, los cuales, al incidir sobre un objeto, en función de cuanta energía porten, pueden generar un electrón. La energía de los fotones dependerá de la longitud de la onda de estos, a menor longitud de onda, mayor energía es la que portará el fotón y viceversa.

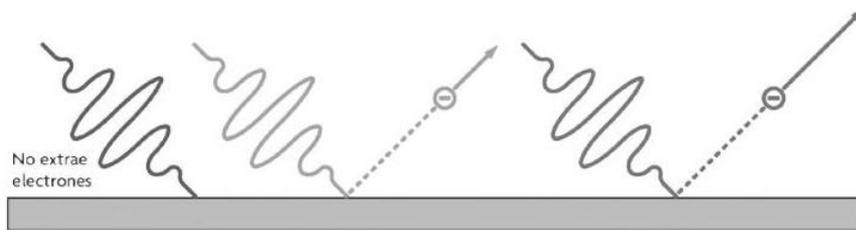


Figura 48. Representación del efecto fotoeléctrico.

Presenta la ventaja de una alta sensibilidad y sus principales usos están dedicados a la medida de aspectos físicos de los objetos, dimensiones desplazamientos, deformaciones, fuerza, torque, etc.

- **Principio de transducción Químico-Eléctrico:**

La base de este principio es generar una señal eléctrica a partir de un proceso químico determinado. Esto se puede conseguir de diversas formas. El medio en el que actúe no debe ser alterado por factores externos como temperatura o humedad, ya que podrían incurrir en falsas medidas. Tampoco debemos introducir materiales que puedan generar alguna reacción química en el proceso a medir.

- **Principio de transducción Resistivo:**

Hay que tener clara la diferencia entre **resistencia** y **resistividad**, el primer concepto depende del volumen del material, a un mayor volumen, un material presentará una mayor resistencia, mientras que la resistividad es una capacidad intrínseca del material.

La resistencia de un material está definida por la Ecuación 15.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (15)$$

En donde:

ρ : Resistividad [Ωm]

l : Longitud del material [m]

R : Resistencia eléctrica [Ω]

A : Área del material [m^2]

A diferencia del principio de transducción piezoresistivo, el cual se basaba en los cambios de resistividad, el transductor resistivo hace uso de las variaciones de la resistencia del material, y como hemos dicho anteriormente, depende del volumen de material.

La resistencia eléctrica, por la conocida **Ley de Ohm** se puede definir como una constante que relaciona la corriente o intensidad y el voltaje (Ecuación 16).

$$V = RI \quad (16)$$

En donde:

V : Voltaje [V]

I : Intensidad [A]

R : Resistencia [Ω]

En un transductor resistivo se hace uso de la variación de la resistencia de un material para obtener con ello una variación del voltaje de salida, como se muestra en el ejemplo de aplicación de la Figura 49.

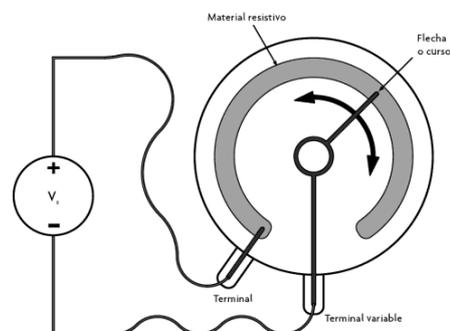


Figura 49. Esquema de un transductor resistivo.

Llegados a este punto, ya conocemos lo que es un transductor y los diferentes tipos que existen, podemos entonces pasar a definir el concepto de **sensor**, el cual es un elemento que hará uso de un transductor para generar una salida útil para el sistema de medición, es decir, un sensor es un dispositivo que a partir de una entrada física obtiene en su salida una señal **manipulable** relacionada con la variable física medida.

3.2.1.2. Características de los sensores

Los sensores tienen una serie de características las cuales determinan su comportamiento, estas se dividen en dos grandes grupos, características **estáticas** y **dinámicas**, las primeras son las que se definen aplicando al sensor entradas que no varían con el tiempo, mientras que las segundas son obtenidas con entradas variables en el tiempo. A continuación, se describirán las principales de ambos tipos.

- Características estáticas

El proceso para determinar estas características es aplicar al sensor entradas no variables en el tiempo y midiendo las correspondientes salidas. Es importante conocer algunos conceptos, como el de **rango** que indica los valores máximos y mínimos de entrada para los que el funcionamiento del sensor es correcto, y el **alcance**, que es la diferencia entre el valor superior e inferior del rango.

Para conocer las características estáticas que se van a describir a continuación, hay que llevar a cabo una **calibración** del sensor, este procedimiento se realiza aplicando una serie de entradas conocidas y registrando el valor de las salidas obtenidas, verificando si estas se ajustan a los valores esperados. A continuación, se exponen las principales características estáticas de los sensores.

Exactitud: Es la capacidad que caracteriza al sensor para dar valores de salida lo más próximos posibles al valor real de la magnitud medida, (Pallás, 2015), es importante no confundir este concepto con el de precisión (Ver Figura 50).

La diferencia entre el valor real y el valor medido se denomina error, y se puede cuantificar de dos formas, como **error absoluto** o **error relativo**.

$$\text{Error absoluto} = \text{Resultado} - \text{Verdadero Valor} \quad (17)$$

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Error absoluto}}{\text{Verdadero Valor}} \quad (18)$$

Precisión (Fidelidad): Es la cualidad por la cual un sensor, en la toma de diferentes medidas, a iguales características, es capaz de generar medidas idénticas en la salida, sin tener en cuenta si estas se ajustan al valor real de la magnitud o no.



Figura 50. Diferencia entre exactitud y precisión.

Repetibilidad: Este concepto es similar al de precisión, pero hace referencia a cuando las distintas medidas se realizan en un intervalo corto de tiempo entre ellas.

Reproducibilidad: Es otro atributo parecido al anterior, en este caso se refiere a medidas tomadas a largo plazo entre ellas o en diferentes lugares y con diferentes aparatos de medida.

Sensibilidad: Es la relación existente entre el valor del cambio a la salida y el valor de cambio en la entrada que ha generado esa salida. Su fórmula viene determinada por la Ecuación 19. Lo ideal es una sensibilidad alta (un pequeño cambio en la entrada genera un gran cambio en la salida) y constante.

$$S = \frac{dV_o}{dV_i} \quad (19)$$

Linealidad estática: Una **curva de calibración** es la ecuación que relaciona la entrada del sensor con la salida, como ejemplo, en la Figura 51 se representa la curva de calibración de un sensor de humedad, en ella se representan los voltajes obtenidos en la salida con determinados valores en la entrada, a partir de todos ellos se genera la curva. La linealidad es la característica que relaciona el grado de conformidad de dicha curva con una línea recta dada, la cual se puede generar de diferentes maneras como se expondrá a continuación.

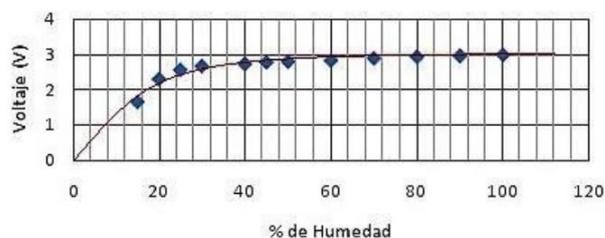


Figura 51. Ejemplo de curva de calibración.

a. Linealidad independiente: La línea se ajusta a los datos de manera que se intenta minimizar las desviaciones.

b. Linealidad ajustada a cero: Además de minimizar las desviaciones la recta debe pasar por cero.

c. Linealidad terminal: La recta tiene como extremo inferior el valor de la salida sin entrada y como extremo superior el valor de la salida teórica máxima, la cual se obtiene con la mayor entrada admitida por el sensor.

d. Linealidad a través de los extremos: La recta se define por el valor obtenido en salida con la menor señal de entrada admitida y la salida obtenida cuando la entrada es la máxima del alcance.

e. Linealidad teórica: La recta se define de manera teórica al diseñar el sensor.

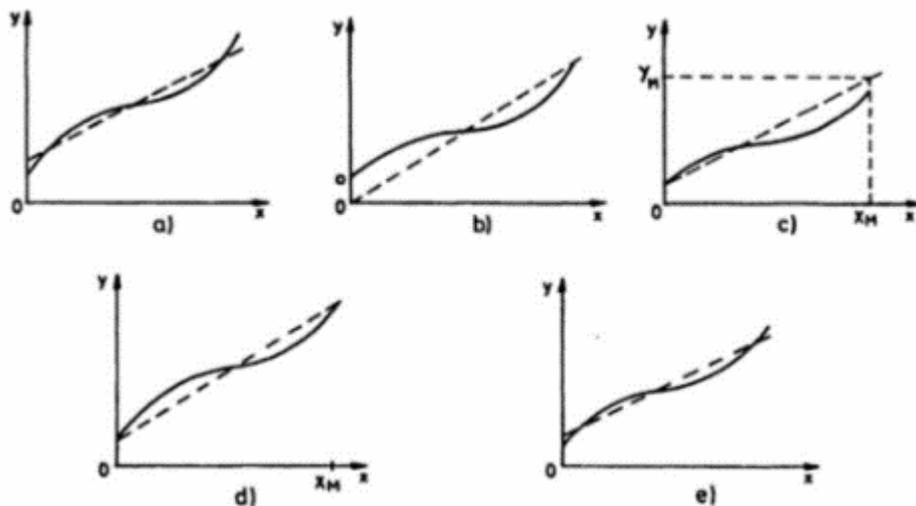


Figura 52. Rectas de linealidad. a:mínimos cuadrados b:ajustada a cero c:terminal d:a través de extremos e:teórica

Hay tres conceptos que interfieren en la linealidad, la **resolución**, que es el cambio mínimo en la entrada para que haya una variación en la salida, cuando el incremento es desde cero se denomina **umbral**. Por otro lado, está la **histéresis**, que es un fenómeno por el cual la salida es diferente en función de la dirección en la que se alcanza la entrada.

- Características dinámicas

Las características dinámicas se obtienen aplicando al sensor entradas variables en el tiempo, a continuación, se describen las más importantes.

Tiempo de retardo (t_d): Tiempo necesario para que la respuesta alcance por primera vez la mitad del valor final.

Tiempo de crecimiento (t_r): Tiempo que hace falta para que la respuesta pase del 10 al 90%, del 5 al 95% o del 0 al 100% de su valor final.

Tiempo de pico (t_p): Tiempo que se necesita para que la respuesta alcance el primer pico del sobreimpulso.

Sobreimpulso máximo (M_p): Valor pico máximo de la curva de respuesta, medido a partir de la unidad.

Tiempo de asentamiento (t_s): Tiempo requerido por la curva de respuesta para alcanzar y mantenerse dentro de un determinado rango, que oscila alrededor del valor final, (habitualmente 2% o 5% en torno al valor final).

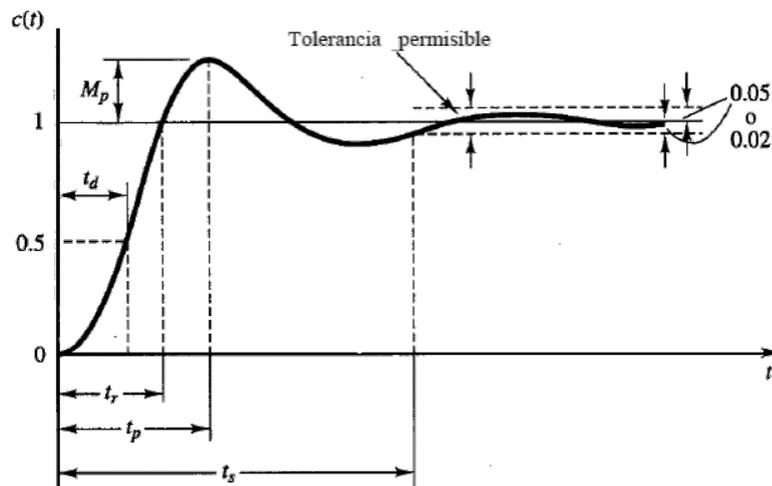


Figura 53. Representación gráfica de las características dinámicas.

3.2.1.3. Clasificación de los sensores

Existen multitud de clasificaciones para los sensores, por ejemplo, según el principio de transducción utilizado como hemos visto en este mismo apartado. Sin embargo, las cuatro clasificaciones que pueden resultar más interesantes para dedicarles algunas líneas son las siguientes:

- Según el tipo de variable medida
- Según el principio
- Según el tipo de señal
- Según el rango de valores

Clasificación según el tipo de variable medida: Esta clasificación es la más típica y clasifica a los sensores en base a la magnitud física que miden, como pueden ser: posición, humedad, gas, presión, etc.

Clasificación según el principio: Según su principio de funcionamiento existen dos posibles clasificaciones, sensores **activos**, que son aquellos que no precisan de una fuente de alimentación externa para funcionar y son capaces de generar las señales de forma autónoma. Por otro lado, están los sensores **pasivos**, los cuales requieren de una fuente de alimentación auxiliar para poder producir la señal de salida.

Clasificación según el tipo de señal: Según este criterio, los sensores pueden ser **analógicos**, es decir, aquellos que a su salida emiten una señal comprendida entre un rango de valores instantáneos y que varía en el tiempo, o **digitales**, los cuáles toman únicamente dos valores de salida (1 ó 0, 0 ó 5V, todo o nada, etc.).

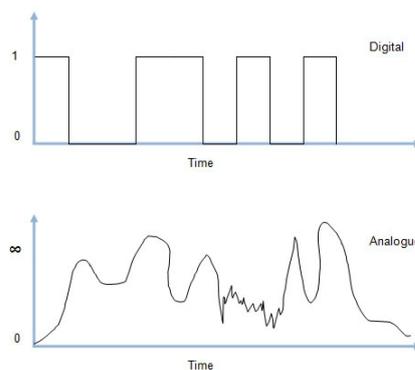


Figura 54. Salida de sensor digital (arriba) vs salida de sensor analógico (abajo).

Hemos visto las características de los sensores, así como su clasificación, una etapa importante en la toma de información mediante estos elementos es el **acondicionamiento de señales** , la señal que el sensor emite al medir una determinada magnitud debe adaptarse para que el aparato que va a procesar la información pueda leer correctamente la consigna. En la Figura 55 se muestran las diferentes etapas del proceso de medida a través de un sensor.

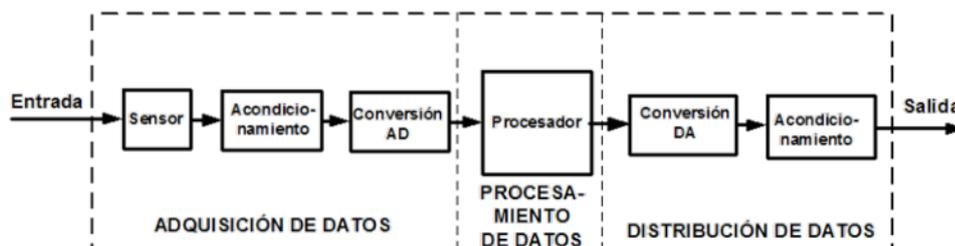


Figura 55. Proceso de acondicionamiento de señal medida por un sensor.

3.2.2. Actuadores

Como bien indica Corona (2018), un **actuador** es un elemento que transforma una energía eléctrica en una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o genera algún cambio sobre un elemento mecánico.

3.2.2.1. Clasificación de los actuadores

Podemos organizar los actuadores en cuatro grandes grupos ateniéndonos a la clasificación de Gutiérrez e Iturralde (2017), en base a su principio de funcionamiento.

Hidráulicos: El funcionamiento de estos actuadores se fundamenta en usar la presión que ejerce un fluido, por lo general aceite. Su aplicación esta destina a trabajos donde se requiere una elevada fuerza para lo cual se usan elementos como cilindros (véase Figura 56) o motores hidráulicos.

Neumáticos: Son similares a los hidráulicos, solo que en este caso el fluido de trabajo es aire comprimido, existen diferentes elementos como válvulas, cilindros o pistones.

Eléctricos: En este punto se incluyen los motores de corriente continua y de corriente alterna, los cuales a través de la electricidad generan un movimiento rotatorio.

Esta clasificación que acabamos de ver de los actuadores está más relacionada con un ámbito industrial que con el de la domótica y la automatización. En el campo en el que estamos trabajando, es más útil el concepto de actuador **electrónico** con el cual nos referimos a aquellos elementos que al aplicarles una señal realizan una determinada acción por medio de una electrónica determinada, por ejemplo, un relé, una electroválvula, una sirena, o una simple bombilla LED. Especificaremos las características de estos más adelante, una vez tengamos definidos cuáles serán los que usaremos en este proyecto.

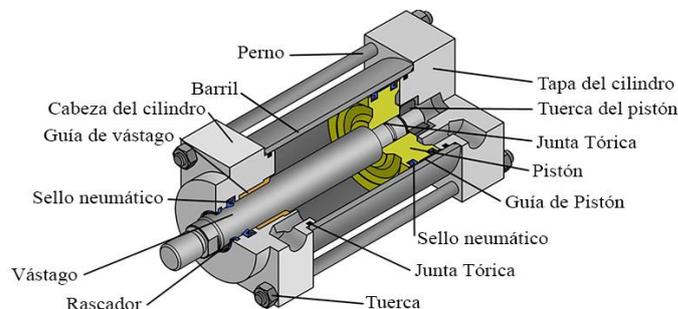


Figura 56. Partes de un cilindro neumático.

3.2.3. Controladores

Un sistema electrónico está compuesto por diferentes partes, haciendo una representación genérica podemos atenernos a una distribución como la de la Figura 57, mencionada por Santiago (2017). En ella observamos algunos elementos estudiados anteriormente, como los sensores y actuadores, también hay otros que pueden existir, aunque no son indispensables como los elementos de visualización, útiles para la representación del estado del sistema o mostrar información al usuario, y los elementos para la comunicación con otros sistemas que solo será necesaria si el controlador necesita comunicarse con otros dispositivos de su misma naturaleza para intercambiar información.

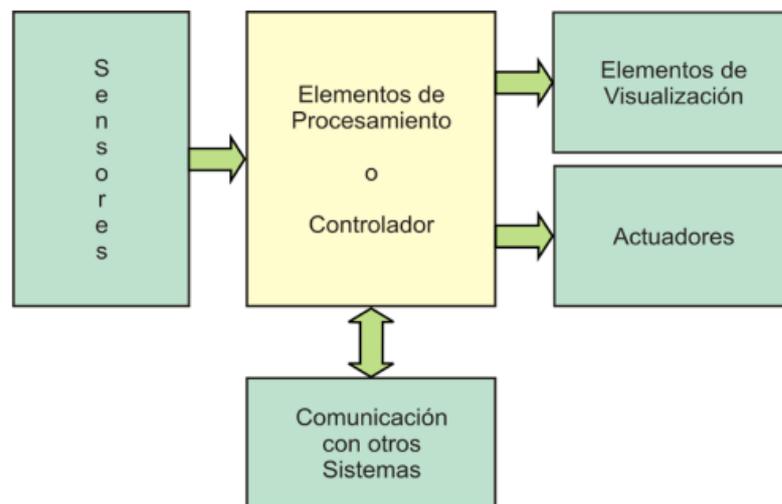


Figura 57. Esquema funcional de un controlador.

Sin embargo, de todos los elementos representados en la Figura 57, hay uno que es el central, de hecho, así está localizado en la figura, el **controlador**, sin este elemento el funcionamiento del sistema no sería posible.

Un controlador, según la definición propuesta por Santiago (2017) es un dispositivo electrónico que determina la funcionalidad del sistema, llevando a cabo uno o varios procesos simultáneamente. El controlador recibe la información de unos elementos de entrada (sensores) y la procesa, en función de las instrucciones que se le hayan programado, generando unas salidas determinadas que se verán reflejadas en los actuadores del sistema. Además, puede realizar otras acciones como mostrar información o comunicarse con otros sistemas de control.

El término controlador es una definición un poco genérica, en los siguientes apartados mostraremos las diferencias entre los conceptos de controlador, microcontrolador y microprocesador.

3.2.3.1. Microcontroladores

En un inicio los primeros controladores estaban contruidos con circuitos analógicos, resistencias, condensadores, transistores, amplificadores operacionales..., esto posteriormente evolucionó a circuitos digitales, dando lugar tiempo más adelante al **microprocesador**, el cual llevaba unidos elementos de apoyo (memoria, entradas y salidas, etc.). Hoy en día, la integración de todos estos elementos en un único circuito integrado como se representa en la Figura 58 es lo que conocemos como **microcontrolador**.

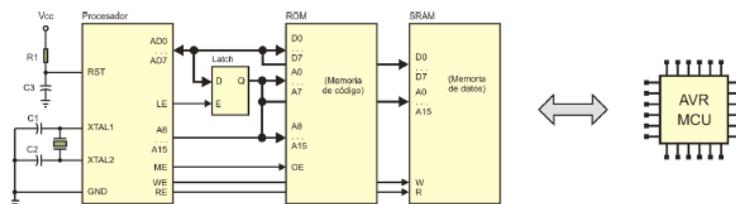


Figura 58. Integración de microcontrolador en un solo chip.

Un microcontrolador es un elemento con un gran nivel de integración, que consta, principalmente, de las siguientes partes:

Unidad central de procesamiento (CPU): Es el cerebro del microcontrolador dirige las tareas que hay que realizar y ejecuta el código de los diferentes programas.

Memoria para código: Memora disponible para el código programado.

Memoria para datos: Memoria para los datos tomados del entorno.

Temporizadores: Para medir el tiempo y poder llevar a cabo acciones temporizadas o coordinadas con el tiempo real.

Fuentes de interrupción: Se usan cuando es necesario programar tareas con mayor prioridad que otras.

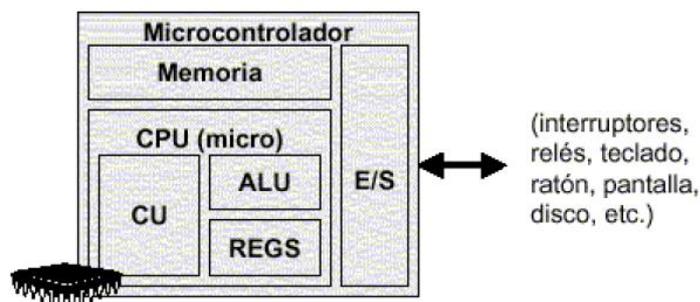


Figura 59. Esquema funcional de un microcontrolador

3.2.3.2. Microprocesadores

Como hemos mencionado en el punto anterior, no es lo mismo el concepto de microprocesador y microcontrolador, de hecho, Santiago (2017) expone de una manera bastante correcta estas diferencias.

Genéricamente, un microprocesador solo contiene una CPU, al contrario que un microcontrolador el cual está conformado por una CPU junto a memoria, temporizadores y otros recursos, todos ellos integrados en un mismo circuito.

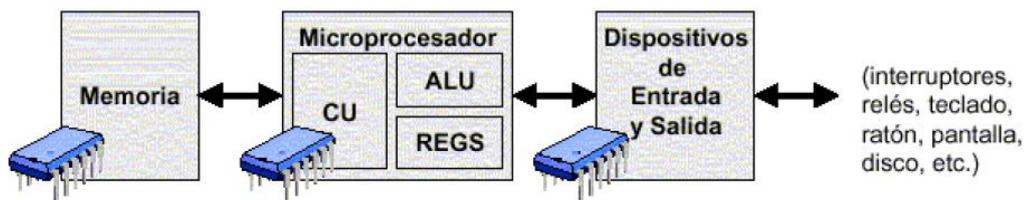


Figura 60. Esquema funcional de un microprocesador.

Un microprocesador, a pesar de tener más recursos, tiene una CPU limitada en términos de procesamiento si lo comparamos con un microcontrolador:

Velocidad de procesamiento: Un microprocesador tiene una velocidad de procesamiento del orden de Gigahercios (GHz) frente a los 20 Megahercios que puede llegar algún microcontrolador.

Capacidad de direccionamiento: Un microprocesador es capaz de direccionar entre información y datos 1 Terabyte, por su lado el microcontrolador solo puede direccionar 8 Kilobytes de instrucciones y 1 Kilobyte de datos en sus mejores desarrollos.

Tamaño de los datos: Por lo general los microcontroladores trabajan con 8 bits frente a los 32 o 64 bits usados en los microprocesadores.

En resumen, un microcontrolador se podría asemejar a un ordenador, es de **propósito general** ya que puede realizar cualquier tarea para la que sea programado. Por otro lado, el microprocesador es de **propósito específico**, tiene una funcionalidad única que no va a cambiar a lo largo de su vida útil.

Algunos ejemplos de microprocesadores son los procesadores usados en ordenadores como los conocidos de la marca Intel o AMD, y como ejemplo de microcontrolador podemos hablar del ATMEGA de Atmel, usado en Arduino, el cual usaremos en este proyecto y al que dedicaremos una parte de este proyecto para explicar sus características.

3.3. El internet de las cosas (IoT)

3.3.1. ¿Qué es el IoT?

El desarrollo de Internet ha sido uno de los puntos clave en el desarrollo de la humanidad. Desde los primeros atisbos de lo que hoy día conocemos como Internet, iniciados por la Agencia de Investigaciones de Proyectos Avanzados (ARPA) en Estados Unidos allá por la década de los sesenta, hasta hoy, esta tecnología ha evolucionado considerablemente.

La definición de Internet es un conjunto de redes interconectadas mediante una serie de protocolos los cuales pueden conectar computadoras o sistemas entre sí, siempre y cuando estos estén conectados en la misma red.

Paralelamente a Internet, la electrónica y la informática también han evolucionado rápidamente en las últimas décadas, consiguiendo procesadores de un tamaño más reducido, abaratar los costes de producción, nuevos sistemas de hardware y software etc. Esto ha dotado a muchos objetos de la capacidad de conectarse a Internet. Es aquí donde nace el concepto del Internet de las cosas, o comúnmente conocido por sus siglas en inglés, IoT (Internet of Things), este concepto supone el pasar de la convencional red de ordenadores conectados a una red de objetos conectados.

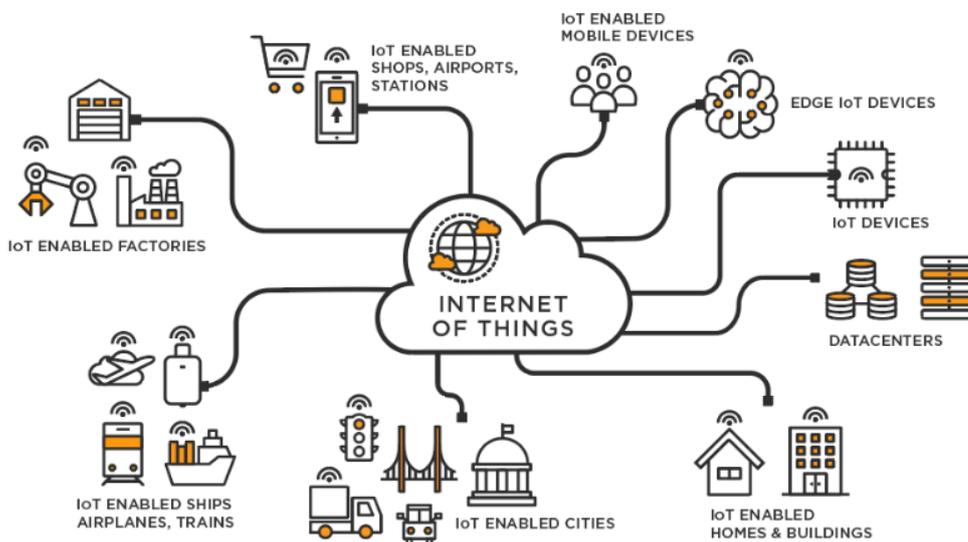


Figura 61. Representación del Internet de las Cosas.

Barrio (2020), nos da una definición más técnica del Internet de las Cosas, describiéndolo cómo una conexión de objetos que intercambian y procesan información sobre el entorno físico en el que están. Estos sistemas además pueden reaccionar a eventos de forma autónoma.

El término de IoT no es algo surgido en nuestro siglo, pues a finales del pasado, Kevin Aston acuñó este término por primera vez para describir un sistema en el mundo físico con sensores conectados a internet para automatizar la toma de datos y poder así realizar un seguimiento en tiempo real de la variable a medir. Esto surge en un inicio con un enfoque industrial, pero poco a poco se va extendiendo hasta llegar al ámbito doméstico, ya que cualquier objeto que nos imaginemos puede ser parte del Internet de las cosas.

3.3.2. Características de los objetos con IoT

A continuación, se describen las principales características de los objetos que poseen esta tecnología.

Comunicación entre dispositivos: Los objetos tienen la necesidad de conectarse entre sí para poder transmitir la información, para ello existen diversas tecnologías: bluetooth, internet, wifi...

Identificación: Dentro de todos los objetos presentes en una red es imprescindible identificar a cada uno de ellos de una forma única y distintiva, para ello existen diferentes protocolos como el RFID (Identificación por radiofrecuencia), NFC (Near Field Communication), códigos de barras, etc.

Direccionamiento: Puede ser remoto (DNS) lo cual permite realizar una configuración remota del dispositivo, para ello hay que ubicar al equipo en una red mediante protocolos de direccionamiento.

Detección: Recopilar información y datos del entorno para almacenarlos y enviarlos posteriormente.

Localización y rastreo: Permite conocer la localización física del objeto, por ejemplo, rastreando la red a la que está conectado o con otros métodos como el GPS (Sistema de posicionamiento global).

Interfaz de usuario: Son los métodos para la comunicación entre el usuario y el dispositivo, puede implementarse de diversas maneras, reconocimiento de voz o texto, pantallas táctiles, reconocimiento facial...

3.3.3. Ventajas y desventajas del IoT

Como cualquier concepto, el Internet de las Cosas no está ajeno a discusiones acerca de sus ventajas e inconvenientes, vamos a comentar las principales de una manera objetiva para así poder sacar algunas conclusiones.

Empezamos enumerando las **ventajas** de esta tecnología, entre las cuales destacarían las siguientes:

- Aumento de la **eficiencia energética**, una gran cuota de mercado esta copada por dispositivos que al integrarlos en el hogar o en industrias mejoran la eficiencia provocando además un ahorro económico. Un ejemplo de ello son los termostatos inteligentes.
- El IoT al ser una tecnología que se basa en gran parte en la automatización provoca un **aumento del confort**, ya que podemos automatizar casi cualquier acción del día a día, desde levantar las persianas al amanecer hasta programar un robot de cocina inteligente para que tenga la comida lista al llegar a casa.
- Como el **avance tecnológico** es cada vez mayor, el IoT provoca un constante desarrollo en este sector, pues siempre aparecen nuevas tecnologías u objetos que podemos convertir en inteligentes.
- Otro punto positivo, es el **control** que siente el usuario acerca del entorno, con la implementación de objetos inteligentes podemos tener controlados varios puntos del entorno que nos rodea de manera simultánea.

Por el lado contrario, no todas las opiniones acerca del IoT son positivas, a continuación, se describen las principales **desventajas**:

- Como se ha comentado en el apartado anterior, una de las características de los objetos inteligentes es que se pueden conectar a internet, esto causa que la información que compartan se vea comprometida, pudiendo generar vulneraciones en la privacidad del usuario o la **filtración de datos personales**.
- La constante evolución de estos dispositivos genera en los usuarios necesidades que antes no estaban creadas, promoviendo el **consumismo**, muchas veces de artículos que realmente no son necesarios, ya que realmente hacen acciones que se podrían hacer sin ellos, pero el usuario se decanta a favor de un mayor confort.
- Al aumentar el grado de dispositivos inteligentes en el hogar se genera una **dependencia tecnológica**, de manera que si se produce algún fallo en el sistema es posible que no podamos realizar muchas funciones básicas las cuales se han reemplazado por IoT.

3.4. Ejemplos de sistemas domóticos

Con todo lo recopilado hasta ahora, vamos a aplicar los conceptos que se han descrito para diseñar un sistema domótico de una manera sencilla a modo de ejemplo.

Vamos a diseñar un sistema de **control de calefacción por wifi**, para ello vamos a suponer que hemos adquirido una vivienda, la misma cuenta con un sistema de calefacción común mediante un termostato analógico, de modo que cada vez que queremos subir o bajar la temperatura del hogar tenemos que acudir presencialmente al termostato y pulsar el botón.

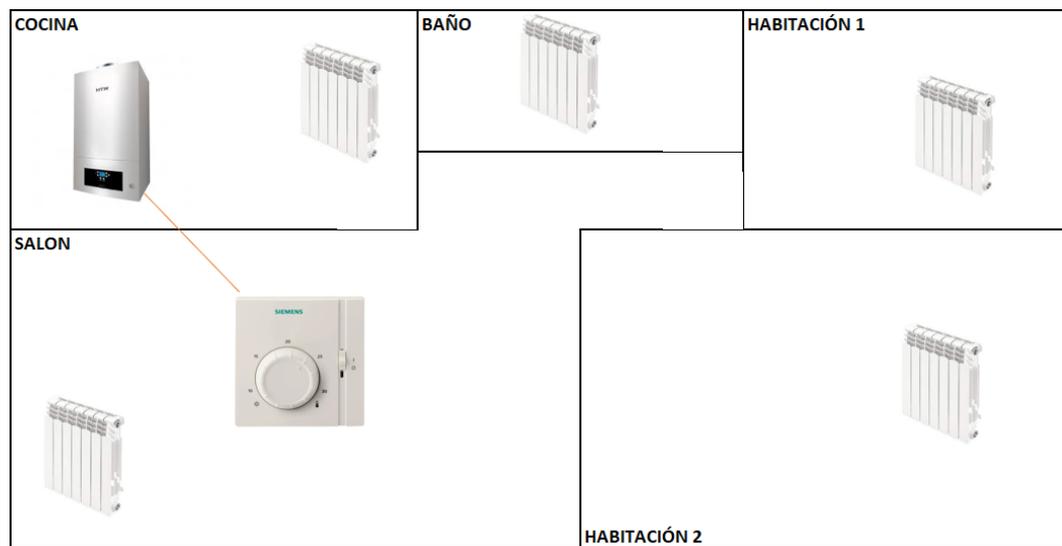


Figura 62. Esquema simplificado del sistema a domotizar.

Es un sistema completamente funcional, pero con lo que hemos visto en este capítulo, por medio de un controlador, unos pocos sensores y actuadores podemos diseñar un sistema domótico mucho más cómodo para el control de la calefacción.

Lo primero que hacemos es definir el **alcance** de nuestro sistema, ¿Qué queremos controlar? En nuestro caso, la casa cuenta con dos habitaciones, las cuales no están ocupadas durante determinados intervalos del día con lo que nos interesa programar la temperatura de estas independientemente. Por otro lado, gestionaremos la temperatura del resto de zonas de la casa.

Las entradas (sensores) y salidas (actuadores) de nuestro sistema serán entonces las siguientes.

Entradas:

- Sensor de temperatura habitación 1: Con este sensor mediremos la temperatura de la habitación 1, que será enviada al controlador.
- Sensor de temperatura habitación 2: Con este sensor mediremos la temperatura de la habitación 2, que será enviada al controlador.
- Sensor de temperatura salón: Con este sensor mediremos la temperatura del salón, que será enviada al controlador.

Salidas:

- Electroválvula radiador habitación 1: Con este actuador activaremos o desactivaremos el radiador de la habitación 1 para aumentar o disminuir la temperatura de esta.
- Electroválvula radiador habitación 2: Con este actuador activaremos o desactivaremos el radiador de la habitación 2 para aumentar o disminuir la temperatura de esta.
- Caldera: La caldera se activará o desactivará en función de la señal enviada por el controlador, la caldera calienta todo el sistema de calefacción al unísono.

Ya tenemos identificadas todas las entradas y salidas y tenemos claro cómo queremos que funcione el sistema, con lo que el siguiente paso sería la programación del controlador, la cual se realizaría de una manera concreta en función del modelo elegido.

En este ejemplo estas son las acciones que tendríamos que llevar a un lenguaje de programación:

- Activar la electroválvula de la habitación 1 de 16:00 a 22:00.
- Programar la habitación 2 a 17°.
- Para el resto de zonas, control de la temperatura vía wifi por una aplicación móvil.

No vamos a entrar en detalles de conexionado de equipos, programa en el lenguaje adecuado o esquemas concretos, pues ello se realizará en capítulos posteriores para el sistema domótico que vamos a desarrollar en nuestro prototipo.

Lo que se quiere mostrar con este pequeño ejemplo es como a partir de un sistema que a priori era funcional, puede ser sustituido por un sistema domótico consiguiendo con ello las ventajas que nos proporciona esta tecnología, una mayor comodidad en el control de elementos de hogar, ahorro de energía y un mayor confort.

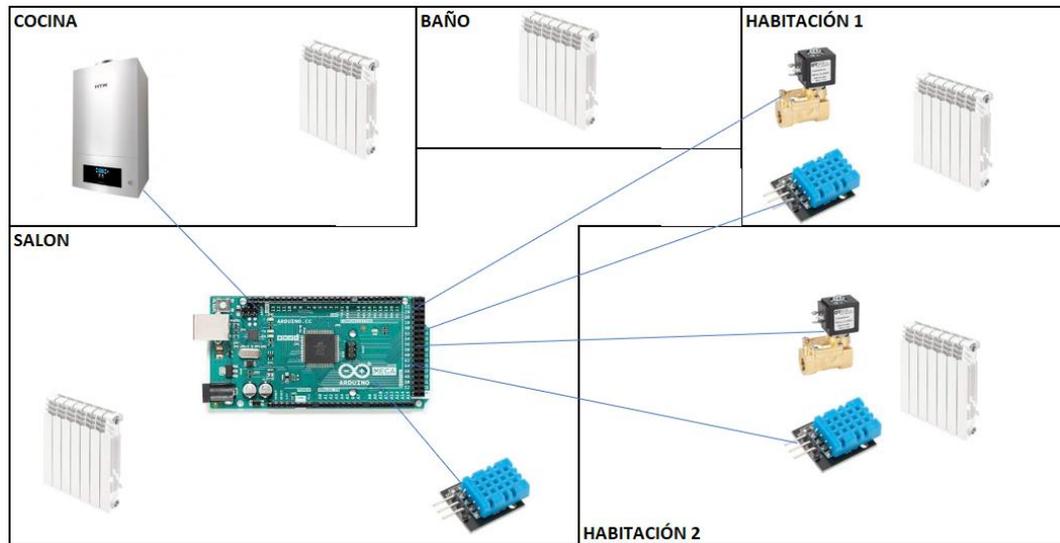


Figura 63. Esquema simplificado del sistema a domotizado.

4. Microcontroladores: Arduino UNO y ESP8266

En este capítulo se va a desarrollar los aspectos teóricos de los dos controladores que se van a usar en el proyecto: el Arduino UNO y el ESP8266. De esta manera conoceremos sus aspectos más relevantes, conexiones, dispositivos que pueden manejar, etc. para poder llevar a cabo el montaje del prototipo con una base de conocimiento firme.

4.1. Arduino

La definición más elemental de Arduino la podemos encontrar en su página web oficial (<https://www.arduino.cc/>), según ella, se trata de una placa electrónica de desarrollo que incorpora un microcontrolador reprogramable, cuenta con pines hembra, los cuales permiten las conexiones del microcontrolador con sensores o actuadores de una manera sencilla.



Figura 64. Placa de Arduino UNO.

La principal característica de Arduino es que tiene hardware y software libre, de manera que cualquier persona puede acceder a mejorar el proyecto, además de contar con una gran comunidad. Su entorno de programación es multiplataforma pudiendo ser usado en diferentes sistemas, además, los precios de las placas de Arduino no son demasiado elevados por lo que hace que sea accesible a una gran cantidad de personas.

4.1.1. Historia de Arduino

Los inicios de Arduino tuvieron lugar en 2005 en el Instituto de Diseño Interactivo IVREA, en Italia. El entonces estudiante Massimo Banzi, debido al elevado precio que suponía el adquirir placas con microcontrolador para los proyectos del instituto, ideó un prototipo inicial, bastante simple ya que solo permitía la conexión de leds y resistencias.

Años después, Hernando Barragán al conocer el proyecto de Banzi, quiso contribuir al desarrollo del mismo introduciendo un entorno de programación para el procesador de la placa. Poco a poco se fueron incorporando al proyecto diversos investigadores como David Mellis que realizó mejoras en el software, el español David Cuartielles que mejoró el interfaz de la placa, o el estadounidense Tom Igoe que introdujo la conexión USB en la placa y propuso a Banzi distribuir el prototipo de manera internacional.

Como curiosidad, el nombre Arduino proviene del bar donde solía acudir Banzi “Bar di Re Arduino”. Hoy en día Arduino ya cuenta con más de 250.000 placas vendidas en todo el mundo, sin contar las no oficiales.

4.1.2. Arduino UNO

Dentro de los diferentes tipos de placas Arduino, una de las más extendidas al ser el modelo básico es el Arduino UNO. Con el tiempo el modelo se ha actualizado hasta llegar al Arduino UNO R3.

4.1.2.1. Microcontrolador

Arduino UNO lleva integrado el microcontrolador ATmega328P de Atmel, el cual posee una arquitectura de tipo Harvard, desarrollada por su fabricante. La disposición de los pines del ATmega328P se muestra en la Figura 65, con un encapsulado tipo DIP. Los pines señalados como PB, PC o PD corresponden a entradas o salidas, cada uno de ellos tiene unas características particulares. Encontramos también otros pines como el de alimentación (VCC), los de tierra (GND) o los pines para alimentación de las funciones analógicas y su referencia (AVCC y AREF)

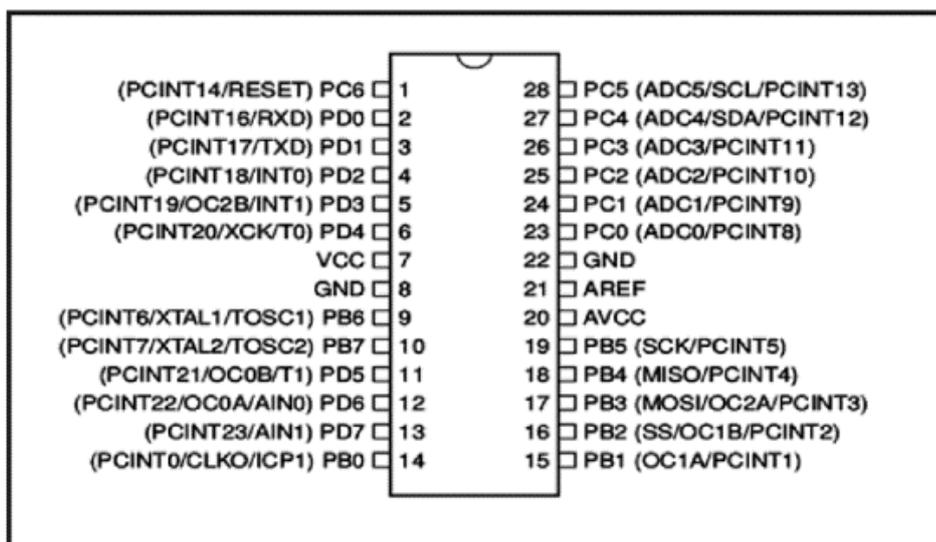


Figura 65. Pineado del microcontrolador ATmega328P.

En cuanto a memoria, como indica Torrente (2013), el ATmega328P cuenta con una **memoria flash** de 32 kilobytes que es donde se almacena el programa del microcontrolador. De los 32KB hay 512 bytes reservados para un código preprogramado en el microcontrolador conocido como “gestor de arranque”, de manera que el ATmega328P ya está preparado para su funcionamiento y no es necesario una configuración previa.

Por otro lado, está la **memoria SRAM**, donde se guardan los datos que se usan en el programa que se hayan introducido al microcontrolador, es de 2 kilobytes y eliminará los datos una vez se deje de alimentar eléctricamente.

Por último, en lo referente a memorias, está la **EEPROM**, que es en la memoria donde se guardarán los datos que sí queremos mantener aun dejando de alimentar el microcontrolador, consta de un tamaño de 1 kilobyte.

Una parte a tener en cuenta en los microcontroladores son los **registros**, los cuales son imprescindibles, están alojados dentro de la propia CPU y almacenan los datos cargados de las diferentes memorias explicadas en las líneas de arriba, para que estén disponibles en el momento justo para su ejecución, también guardan resultados temporales o instrucciones que se están ejecutando. Son de una capacidad reducida, en el ATmega328P son 8 bits.

4.1.2.2. Protocolos de comunicación

Como concepto básico de transmisión de la información en electrónica debemos saber que existen dos tipos de comunicación, en **serie** donde los bits se transmiten uno a uno, por un único canal (un cable) o en **paralelo**, donde los bits se pueden transmitir simultáneamente por canales separados (varios cables).

Para coordinar la transmisión de información es necesario un **protocolo de transmisión** cada cual tiene unos detalles particulares de funcionamiento, como el modo de sincronización, velocidad de transmisión, tamaño de los datos, voltajes usados, etc. En el ATmega328P se implementan los protocolos I²C y SPI

I²C (Inter-Integrated Circuit): También conocido como **TWI** (TWo-wire). Utiliza dos cables para transmitir la información, uno llamada SDA que transmite los datos en formato binario y SCL que transmite la señal del reloj. La señal de reloj (CLK) se usa para sincronizar los dispositivos que se están comunicando.

Los integrantes de la comunicación tienen que estar identificados de una manera inequívoca, para poder ser localizados por el resto de los dispositivos, pueden ser configurados como **maestros** (tienen la iniciativa de la transmisión de datos y generan la señal de control) o como **esclavos** (solo pueden recibir información).

La velocidad de transferencia de datos de este protocolo está en torno a los 100 kilobits por segundo, pudiendo llegar a los 3,4 megabits/segundo, con la limitación de que al haber solo una línea de datos, cuando un dispositivo quiere transmitir información debe esperar a que la misma esté libre.

SPI (Serial Peripheral Interface): es otro protocolo de comunicación en serie, como apunta Torrente (2013), similar al protocolo I²C, donde hay dispositivos maestros y esclavos, con la diferencia que el SPI estos mantienen su característica permanentemente mientras que en el I²C esta podía variar, pudiendo un dispositivo pasar de ser maestro a esclavo o viceversa.

Para su implementación son necesarias cuatro líneas: SCK, SS, MOSI, MISO.

- SCK: Transmite la señal de reloj generada por el maestro.
- SS: Usada por el maestro para la selección del esclavo al que va a transmitir los datos.
- MOSI: Línea para enviar los datos en formato binario.
- MISO: Línea para enviar los datos en sentido opuesto (desde esclavo hacia el maestro).

Como hay dos líneas para los datos la información se puede transmitir en dos sentidos simultáneamente. El protocolo SPI tiene la desventaja de que necesita el uso de más pines de entrada y salida del microcontrolador, pero el envío de los datos es más rápido y más eficiente energéticamente que en el protocolo I²C.

4.1.2.3. Alimentación

La placa de Arduino UNO tiene una tensión de alimentación de 5 voltios, los cuales podemos obtener de dos formas, con una fuente externa o conectando la placa a un ordenador.

Alimentación a partir de una fuente externa: La placa cuenta con una toma de corriente continua tipo Jack, admite voltajes de entrada en continua de 6 a 20 voltios, cuenta con un regulador en la entrada que transformara la tensión a 5 voltios, otra opción es alimentar la placa directamente a los pines de Vcc y Gnd.

Alimentación mediante conexión a ordenador: Arduino uno permite la conexión a un computador por un cable USB tipo B. Por este puerto admite una tensión de 5 voltios, aunque eso sí, la corriente máxima se verá limitada a 500 mA, con lo cual si vamos a trabajar con dispositivos que requieran una mayor demanda de corriente como motores debemos alimentar la placa para que no sufra daños (aun así, estaría protegida contra sobrecorrientes con un fusible reseteable).

Lo más recomendable es alimentar la placa con una fuente de alimentación de entre 9 y 12 VDC y que puede suministrar al menos 500mA. En la Figura 66 se muestran las diferentes opciones para alimentar la placa.

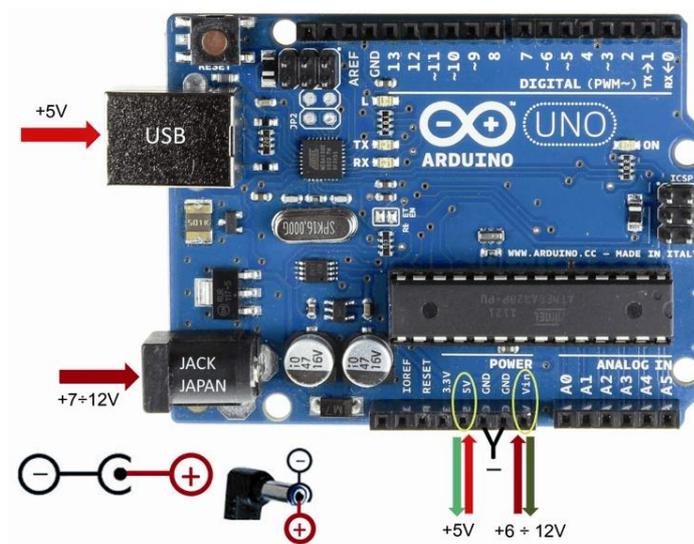


Figura 66. Opciones de alimentación del Arduino UNO.

4.1.2.4. Chip ATmega16U2

Como se ha comentado en el punto anterior, podemos alimentar la placa de Arduino uno por un puerto USB tipo B, este puerto además tiene la utilidad de conectar la placa con un ordenador para la programación del microprocesador. La conexión se da mediante un protocolo USB, el cual es lo suficientemente complejo para que el microcontrolador necesite la ayuda de un chip adicional, el **ATmega16U2**. La transmisión de información se lleva a cabo en tecnología TTL (Transistor to transistor Logic) que usa 5V para las señales de unos y 0V para las señales de ceros.



Figura 67. Chip ATmega16U2 de ATMEL.

4.1.2.5. Entradas y salidas

Arduino UNO cuenta con diversas entradas y salidas, cada una de ellas posee con unas características particulares como describe Torrente (2013) en su libro.

Arduino cuenta con seis **entradas analógicas**, denominadas **A0, A1, A2, A3, A4** y **A5**, pueden leer valores de voltaje de entre 0 y 5V, que es convertido mediante un circuito conversor analógico/digital de 6 canales y 10 bits de resolución, lo que equivale a que Arduino puede transformar el valor en un número digital comprendido entre el 0 y 1023, ya que tiene una resolución de $2^{\text{bits de resolución}} = 2^{10} = 1024$. Los pines analógicos mencionados pueden ser usados además como entradas y/o salidas digitales.

Por su parte, cuando queremos enviar alguna señal analógica a algún elemento como por ejemplo un motor, y poder así variar su velocidad, la placa cuenta con una serie de **salidas analógicas** en los pines 3,5,6,9,10 y 11, realmente son pines digitales que aplican la modulación PWM (Pulse Width Modulation), esta es una señal que modifica el ancho de pulso consiguiendo así generar una tensión promedio determinada (Véase la Figura 68).

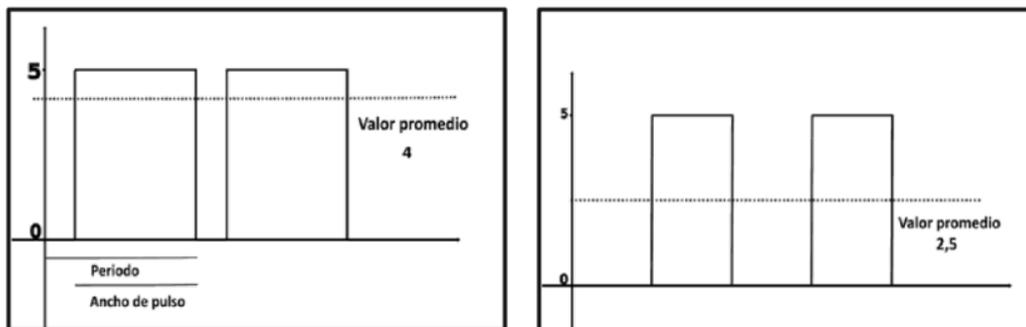


Figura 68. Modulación de señal PWM

En lo referente a **entradas y salidas digitales** Arduino cuenta con 14 pines para este fin, los cuales corresponde a los pines desde el 0 hasta el 13. En estos pines podremos conectar tanto sensores como actuadores digitales. Estos pines son conocidos como GPIO (General Purpose Input/Output), es decir, pines de propósito general de entrada/salida.

Los pines digitales trabajan a un voltaje de 5V y una intensidad máxima tanto de entrada y de salida de 40mA, mencionar también que internamente poseen una resistencia “pull-up” que inicialmente no está activa a no ser que se programe en el software.

Otras entradas y salidas de interés serían la de tierra (**GND**), a la cual deben conectarse todos los componentes. El pin **Vin** que podemos usar para alimentar la placa, o los pines **5V** y **3,3V** que su uso más frecuente es para alimentar a través de la placa elementos que funcionen a estos voltajes.

En la Figura 69 se muestra en forma de esquema todas las entradas y salidas de la placa Arduino UNO, así como las utilidades de cada una.

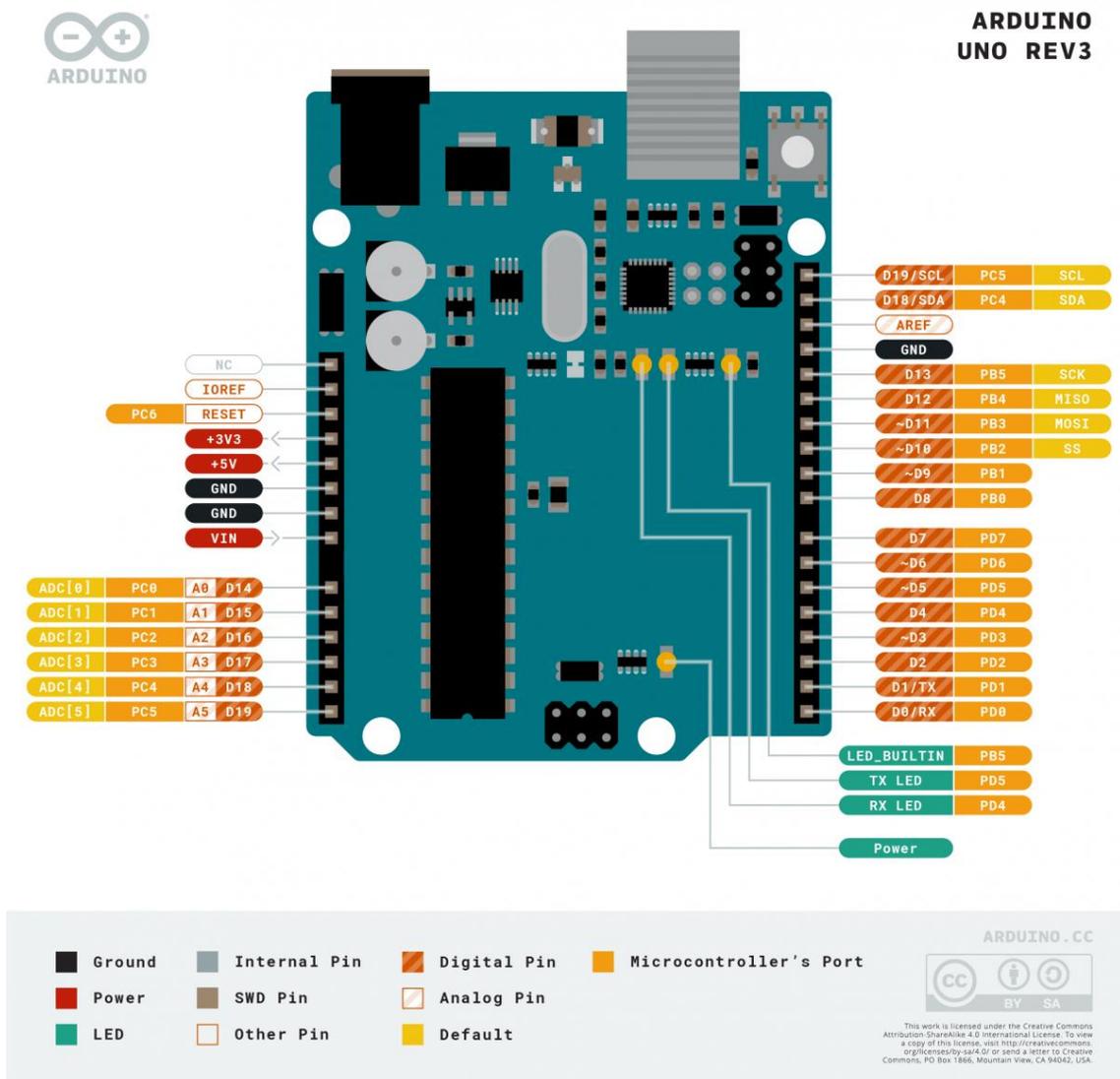


Figura 69. Esquema de conexiones de Arduino UNO.

4.1.3. Otros tipos de Arduino

Tras el desarrollo de Arduino han ido surgiendo diferentes modelos de placas, para ampliar o incluir funcionalidades añadidas, en las Tablas 17 y 18 se muestran las características de los principales modelos.

Tabla 17. Características de los diferentes modelos de Arduino (I)

	UNO	MEGA2560	LEONARDO	DUE
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4	AT915AM3X8E
E/S digitales	14	54	20	54
E. Analógicas	6	16	12	12
e. PWM	6	15	7	12
Memoria	32K (0,5K bootloader)	256K (8K bootloader)	32K (4K bootloader)	512K
Reloj	16 Mhz	16Mhz	16Mhz	84Mhz
Conexión	USB	USB	Micro USB	Micro USB
Conector para alimentación externa	SI	SI	SI	SI
Voltaje de funcionamiento	5V	5V	5V	3,3V
Corriente máxima E/S	40 mA	40mA	40mA	130mA
Alimentación	7 – 12 Vdc	7 – 12 Vdc	7 – 12 Vdc	7 – 12 Vdc

Tabla 18. Características de los diferentes modelos de Arduino (II)

	ADK	NANO	MINI	EXPLORA
Microcontrolador	ATmega2560	ATmega168	ATmega168	ATmega32u4
E/S digitales	54	14	14	-
E. Analógicas	16	8	8	-
e. PWM	15	6	6	-
Memoria	256K (8K bootloader)	16K (2K bootloader)	16K (2K bootloader)	32K (4K bootloader)
Reloj	16Mhz	16Mhz	8Mhz	16Mhz
Conexión	USB	USB Mini-B	Serial/Módulo USB externo	Micro USB
Conector para alimentación externa	SI	NO	NO	NO
Voltaje de funcionamiento	5V	5V	3,3V	5V
Corriente máxima E/S	40mA	40mA	40mA	-
Alimentación	7 – 12 Vdc	7 – 12 Vdc	3,35 – 12 Vdc	5V

4.1.4. Arduino IDE

Para la programación de los microcontroladores de Arduino, sus desarrolladores crearon una aplicación multiplataforma para poder programar el controlador de una manera intuitiva. Como se puede observar en la Figura 70, presenta una interfaz muy sencilla mediante la cual podemos programar las diferentes versiones de las placas Arduino en un lenguaje de programación basado en el conocido lenguaje C.



Figura 70. Captura de Arduino IDE

4.2. ESP8266

La irrupción de Arduino supuso un punto de inflexión en el desarrollo de la tecnología IoT, además, al ser un software de código abierto muchos fabricantes lo tomaron de referencia para el desarrollo de nuevos microcontroladores, como es el caso del ESP8266.

Como indica Crespo (2017) este controlador es un chip de bajo coste que incorpora la tecnología Wi-Fi, es producido por el fabricante chino Espressif Systems desde 2014.

4.2.1. Características del ESP8266

Desde sus inicios en 2014 este controlador ha ido evolucionando, como se ha comentado, la principal característica por la que destaca este chip es porque lleva **Wi-Fi** integrado, el cual permite realizar conexiones TCP/IP sencillas.

Los módulos del ESP8266 se pueden presentar en diferentes encapsulados, los cuales se muestran en la Figura 71, más abajo, en la Tabla 19 podemos comparar las características de cada uno.



Figura 71. Encapsulados para el ESP8266

Tabla 19. Características de los diferentes chips del ESP8266.

	PINES	LEDS	ANTENA	DIMENSIONES
ESP - 01	6	SI	EN PCB	14,3 x 24,8 mm
ESP - 02	6	NO	U-FL	14,2 x 14,2 mm
ESP - 03	10	NO	CERAMICA	17,3 x 12,1 mm
ESP - 04	10	NO	NO	14,7 x 12,1 mm
ESP - 05	3	NO	UFL	14,2 x 14,2 mm
ESP - 06	11	SI	NO	14,2 x 14,7 mm
ESP - 07	14	SI	CERAMICA +UFL	20 x 16 mm
ESP - 08	10	SI	NO	17 x 16 mm
ESP - 09	10	NO	NO	10 x 10 mm
ESP - 10	3	NO	NO	14,2 x 10 mm
ESP - 11	6	NO	CERAMICA	17,3 x 12,1 mm
ESP - 12	14	SI	EN PCB	24 x 16 mm
ESP - 12E	20	SI	EN PCB	24 x 16 mm
ESP - 12F	20	SI	EN PCB	24 x 16 mm
ESP - 13	16	SI	EN PCB	18 x 20 mm
ESP - 14	22	SI	EN PCB	24,3 x 16,2 mm

4.2.2. NodeMCU

Para la implementación de este proyecto vamos a usar una placa basada en el ESP8266, la placa **NodeMCU** la cual es una placas de desarrollo basada en el procesador mencionado, surgió poco después de la aparición del ESP8266 con un firmware de código abierto. A lo largo de su ciclo de vida las diferentes versiones han ido evolucionando, estando la actual basada en el **ESP12E**. Además de las características que le proporciona este chip, el cual como quedó reflejado en el punto anterior cuenta con 20 pines de entrada y salida, añade ventajas propias de la placa como comenta Llamas (2018) en su artículo web:

- Puerto micro USB y conversor Serie-USB.
- Programación sencilla a través del Micro-USB.
- Alimentación a través del USB.
- Terminales (pines) para facilitar la conexión.
- LED y botón de reset integrados.

Al contrario que Arduino, no existe un fabricante oficial de esta placa, sino que hay tres grandes distribuidores que la fabrican con características casi idénticas: Amica, Lolin y DOIT.

Respecto a las versiones existen tres diferentes, la v0.9 (Primera generación), la v1.0 (Segunda generación) y la v1.0 (Tercera generación) que es en la que nos centraremos ya que es la que vamos a incluir en nuestro prototipo. Esta es una versión mejorada de la segunda generación, cuyo principal cambio es que monta un chip conversor CH340G. en la Tabla 20 se muestra la comparativa entre las tres versiones y en la Figura 72 podemos ver la placa en su tercera generación.

Tabla 20. Comparativa diferentes versiones de la placa NodeMCU.

GENERACIÓN	VERSIÓN	MÓDULO	ANCHURA	CONVERSOR
Primera	0.9 (v1)	ESP12	10 PINES	CP2102
Segunda	1.0 (v2)	ESP12E	8 PINES	CH340G
Tercera	1.0 (v3)	ESP12E	10 PINES	CH340G



Figura 72. Imagen de la placa NodeMCU v3.

4.2.2.1. Pinout del NodeMCU

Respecto a las entradas y salidas de la placa NodeMCU, tal como sucedía para el Arduino, cada una de ellas realiza una funcionalidad determinada, en la Figura 73 se especifican cual corresponde a cada uno de los pines. Para más información, en la Figura 74 se muestra también los pines correspondientes al chip ESP-12E.

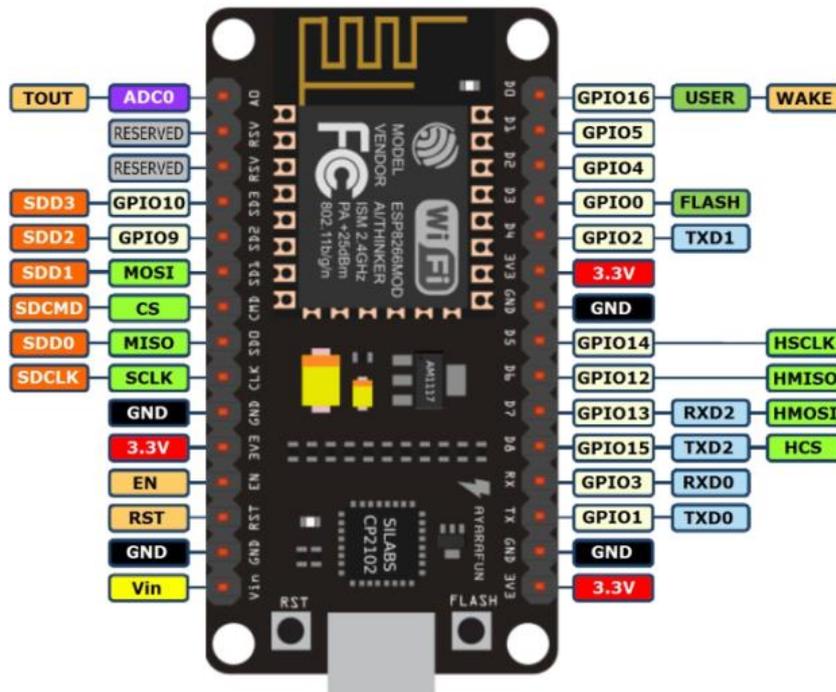


Figura 73. Esquema de entradas y salidas del NodeMCU v3.

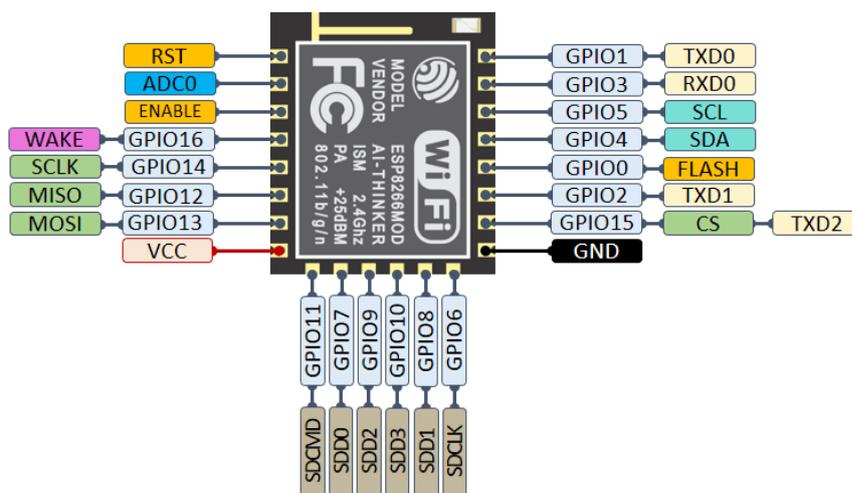


Figura 74. Entradas y salidas del ESP12E

5. Diseñando un sistema de alarma para una vivienda aislada

En los capítulos anteriores se ha hablado de la parte teórica correspondiente a este proyecto, a partir de este, vamos a tratar de llevar esa teoría a la práctica, para lograr este objetivo tomaremos como punto de partida una vivienda unifamiliar en la que implementaremos nuestro sistema, para ello se deberán estudiar las características de esta, así como los requisitos que debe cumplir el sistema, lo cual realizaremos en los puntos siguientes.

5.1. Descripción de la vivienda y requisitos del proyecto

El objetivo principal de este proyecto es desarrollo de un **sistema de alarma para una vivienda aislada**, este será el punto de partida que tomaremos como base añadiendo además una serie de características adicionales que dotarán a la vivienda de protección frente a otros sucesos.

Trabajaremos sobre una vivienda unifamiliar, aislada, la cual supondremos que dispone de los suministros básicos (gas natural, electricidad y agua) y para facilitar la conectividad del proyecto vamos a suponer que cuenta con conexión a internet.

Se ha escogido una distribución estándar del domicilio que consta de dos habitaciones, un baño, cocina, salón y garaje, pues es una distribución típica de las viviendas en nuestro país, lo cual nos permitirá integrar nuestro proyecto en la mayoría de las viviendas existentes. En la Figura 75 se muestra un plano de la distribución de la vivienda escogida para implantar el sistema.

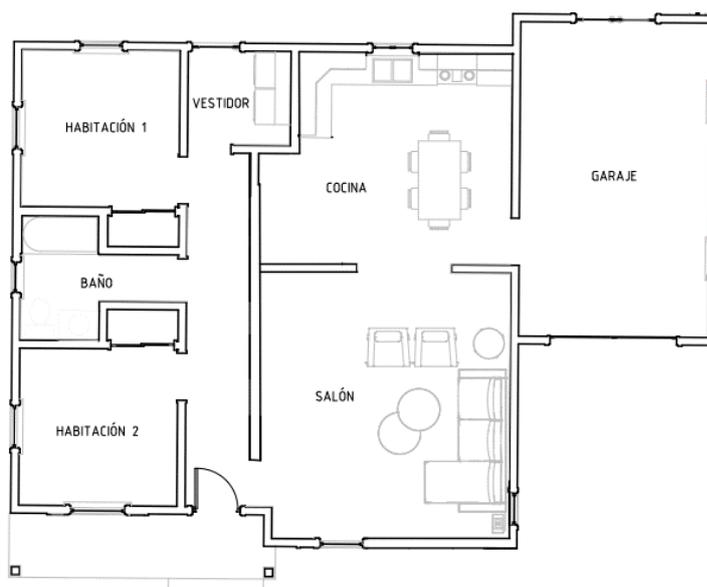


Figura 75. Distribución de la vivienda en la que se instalará el sistema a diseñar.

Pasamos entonces a definir los requisitos que deberá cumplir el sistema que vamos a diseñar, los cuales se enumeran por orden de prioridad:

1. Alarma antintrusos con aviso por llamada telefónica o SMS: Se trata del punto primordial a implementar en nuestro sistema, esta alarma podrá usar cualquier tipo de tecnología de detección de las mostradas en el Capítulo 2. El aviso al usuario deberá ser vía llamada telefónica o en su defecto por mensaje de texto o notificación en una aplicación móvil, ya que se pretende advertir al usuario de un allanamiento de morada de una manera rápida para así poder actuar lo antes posible, por ejemplo, avisando a la policía. El sensor escogido se situará en el lugar más vulnerable de la vivienda como puede ser la entrada principal, además para más seguridad existe la opción de localizar varios detectores en diferentes estancias para hacer más robusto el sistema.

2. Alarma antincendio con aviso vía aplicación móvil: Los incendios en el hogar son una problemática para la cual muchas viviendas no están equipadas para hacer frente. Pueden surgir tanto por causa accidental del propio individuo o fortuitamente cuando no hay nadie en el hogar. Es por lo que este proyecto debe contar también con una alarma antincendio, la cual usará detectores de dióxido de carbono para advertir del fuego mediante un mensaje en una aplicación en el teléfono móvil del usuario. En caso de detección, el sistema podrá actuar además de notificando al usuario, activando un sistema de extinción de incendios.

3. Alarma antinundación con aviso via aplicación móvil: Otro problema asociado a las vivienda unifamiliares, quizás menos común, son las inundaciones, cuya causa principal suele ser la rotura alguna tubería de suministro. Para poder tener controladas este tipo de incidencias, en el sistema que se va a diseñar se va a incorporar un detector de inundación, instalado en las zonas húmedas de la casa (cocina y baños) que son las más propensas a sufrir inundaciones. Al activarse el sensor deberá notificar al usuario vía aplicación móvil además de cortar el suministro de agua de la vivienda mediante una electroválvula situada en la acometida general de agua.

4. Alarma detección de gas con aviso vía aplicación móvil: Según un estudio de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía torácica (Separ), en España se producen de 5.000 a 10.000 intoxicaciones por monóxido de carbono al año, lo que se traduce en unas 125 muertes anuales. El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inoloro que puede producirse por una mala combustión en una caldera. Es por lo que se pretende incluir en el sistema un sensor para su detección con su correspondiente aviso al usuario por notificación además de la correspondiente actuación en la acometida de gas de la vivienda cortando su suministro por medio de una electroválvula.

5. Sistema domótico para el control de los suministros de agua y gas: Como los suministros de luz y gas de la vivienda van a estar controlados por electroválvulas que se activarán cuando salten las alarmas correspondientes, vamos a aprovechar estos añadiendo al proyecto un sistema de gestión manual de los suministros de agua y gas por medio de una consola central, mediante el cual podremos cortar o abrir ambos desde un punto determinado de la casa aumentando el confort del usuario, ya que evitaremos desplazamientos innecesarios hasta la zona de las acometidas de suministros.

6. Activación manual de las alarmas antincendio y antintrusos: Los detectores de las diferentes alarmas se escogerán con unos requisitos mínimos que garanticen su fiabilidad y correcto funcionamiento, no así, se pretende incluir en el sistema la opción de activar las alarmas de manera manual para que el usuario pueda activarlas cuando considere oportuno.

7. Visualización del estado del sistema a tiempo real en una pantalla: A modo informativo de cara al usuario, el sistema implementará también una pantalla para mostrar la información en tiempo real del sistema, así como la de los posibles sucesos que ocurran. Esta pantalla indicará que el estado es normal si no hay ningún sensor activado, o en caso contrario reflejará el tipo de alarma activado, así como lecturas de algunos sensores.

5.2. Elección y descripción de los componentes

Como controladores se ha elegido una placa **Arduino Uno** y un **NodeMCU** ambos descritos en el Capítulo 4 de este proyecto. Mediante el Arduino Uno gestionaremos las entradas y salidas digitales y analógicas, así como la muestra de datos en la pantalla LCD. Mientras que usaremos la conectividad wifi que nos proporciona el NodeMCU para transmitir con este los avisos al usuario por una aplicación móvil y gestionar el aviso de la alarma antintrusos por medio de llamada telefónica.

Ambas placas son una opción económica y fiable, además de ser reprogramables, lo que nos permite realizar cambios en el software del prototipo para implementar posibles mejoras o corregir errores.

A continuación, vamos a describir el resto de los componentes usados en este proyecto, realizando una breve descripción de sus funcionalidades, así como los aspectos más relevantes a tener en cuenta para su configuración y conseguir el funcionamiento esperado.

5.2.1. Sensor PIR

En el Capítulo 2 se dedicó un apartado a los diferentes tipos de sensores de movimiento existentes, en función de su tecnología de detección, en este caso, para nuestro proyecto, se ha optado por usar un sensor PIR. El cual funciona por la radiación infrarroja que emiten todos los objetos como se explicó en el apartado mencionado.



Figura 76. Sensor PIR HC-SR501

El modelo que se va a usar en concreto es el sensor **PIR HC-SR501**, el principio funcionamiento de este sensor concreto consiste en detectar cambios (que no niveles) de radiación infrarroja en el ambiente. Para ello cuenta con dos ranuras, una positiva y otra negativa las cuales se encuentran en equilibrio entre sí, cuando un objeto pasa por delante del sensor se produce un cambio de radiación en una de las ranuras, de manera que se rompe el equilibrio generando una señal de salida.

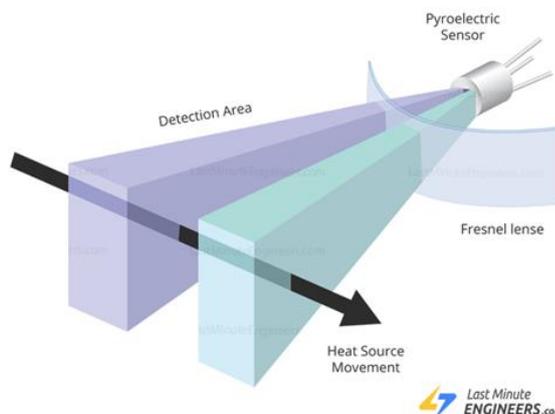


Figura 77. Principio de funcionamiento de un sensor PIR.

La **lente de Fresnel** es la carcasa con forma de circunferencia que se puede apreciar en la Figura 76 y tiene la función de aumentar el rango de detección del sensor mediante refracción. En la placa del sensor encontramos un pequeño controlador que procesa la señal de salida. Además, en este modelo podemos ajustar la sensibilidad de detección y el retardo de tiempo por medio de dos potenciómetros integrados en la placa.

Con la **sensibilidad** ajustaríamos el rango de detección (de 3 a 7 metros), y con el **retardo de tiempo** indicaremos cuanto tiempo estará la señal de salida activa una vez que se haya detectado un movimiento (desde 1 segundo a 3 minutos).

Otro aspecto que podemos modificar en este sensor es el modo de disparo, ya que puede ser **único**, si un movimiento provoca un solo disparo, o **múltiple**, si un movimiento contante causa una serie de activaciones consecutivas. Para cambiar entre ambos modos bastara con puentear con el conector existente una de las dos posiciones disponibles, H para múltiple y L para único.

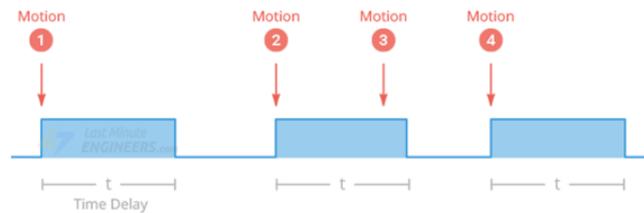


Figura 78. Modo de funcionamiento por disparo único.

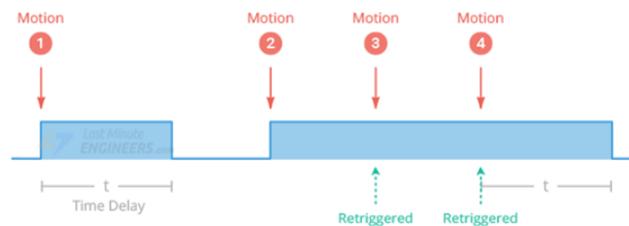


Figura 79. Modo de funcionamiento por disparo múltiple.

Para la conexión del dispositivo contamos con los dos pines para la alimentación, la cual puede oscilar entre 3,3V y 5V en continua, y otro pin para la señal de salida, la cual se comportará en función de los parámetros que se hayan ajustado en el sensor.

Tabla 21. Pineado del sensor PIR HC-SR501

PIN	DESCRIPCIÓN
GND	Pin de tierra.
OUT	Señal de salida
VCC	Pin de alimentación (3,3 a 5V).

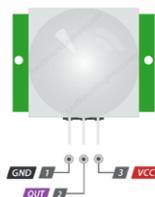


Figura 80. Distribución de pines del sensor PIR HC-SR501

5.2.2. Sim 800L

El módulo SIM800L es un módem GSM, mediante el cual podemos llegar a implementar las funciones que puede hacer un teléfono móvil, como enviar un SMS, realizar o recibir llamadas, conectarse a internet por GPRS o TCP/IP. Soporta la red GSM/GPRS por lo que es universal y para su funcionamiento es necesario una tarjeta SIM que proporcione los servicios de los operadores de telefonía.

Existen dos versiones de este módulo, la uno, que es la que utilizaremos y la dos, mostrada en la Figura 81, que difiere en algunos aspectos como el número de entradas y salidas o el voltaje de alimentación que es a 5 voltios



Figura 81. Módulo SIM800L V2.

Nos centramos en las características de la placa en su versión 1, que es con la que trabajaremos. Su parte central es el chip SIM800L GSM. Admite tensiones de alimentación de 3,4V a 4,4V y consta de un total de doce pines de entrada y salida cuyas funcionalidades se especifican en la Tabla 22. Entre las características de la placa destacan las que se enumeran a continuación.

- Admite las siguientes bandas: GSM850, EGSM900, DCS1800 y PCS1900
- Se puede conectar a cualquier red GSM con una SIM 2G.
- Establecer y recibir llamadas de voz.
- Enviar y recibir mensajes SMS.
- Posibilidad de usar las redes GPRS (TCP/IP, HTTP, etc.) para intercambio de información.
- Explorar y recibir emisiones en banda FM.
- El módulo puede leer comandos AT.
- Admite la conexión de antenas para amplificar la señal.

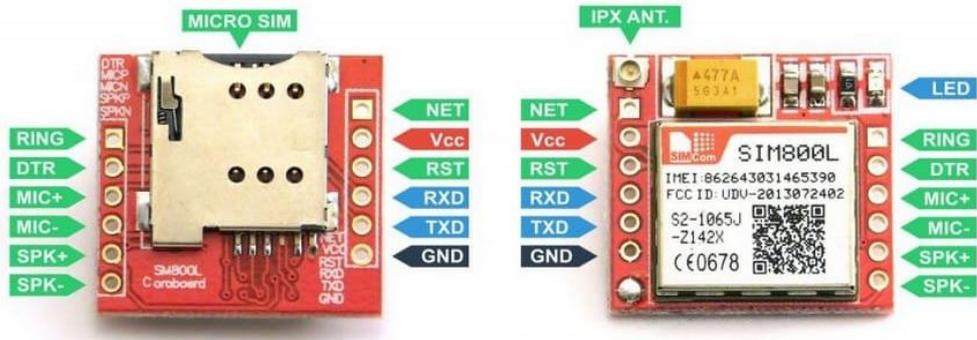


Figura 82. Entradas y salidas del módulo SIM800L v1.

Para que el módulo tenga una buena cobertura de señal es importante elegir una antena adecuada, tenemos la opción de conectar una antena GSM helicoidal en el pin NET, o contamos también con una conexión UFL para antena GSM de 3dBi que presenta un mejor rendimiento.

Para la alimentación se hará uso siempre de fuentes auxiliares, bien sea una batería o pila de 3,4V a 4,4V o un convertidor DC/DC tipo Buck con el que podamos conseguir este voltaje a su salida. En las fases de transmisión de datos el SIM800L llega a requerir una corriente de 2A, con lo que la fuente de alimentación escogida debe de ser capaz de suministrar esa intensidad.

Tabla 22. Entradas y salidas de la placa SIM800L v1.

PIN	DESCRIPCIÓN
NET	Entrada opcional para conectar una antena helicoidal.
Vcc	Alimentación, admite voltajes de funcionamiento de 3,4V a 4,4V.
RST	Pin de RESET del módulo.
RxD	Pin de lectura para la comunicación serie.
TxD	Pin de escritura para la comunicación serie.
GND	Pin de tierra.
RING	Por defecto este pin tiene un valor alto, pasa a bajo 120ms al recibir una llamada.
DTR	Activa o desactiva el modo de espera, al alimentar este pin el módulo desactiva la comunicación serie.
MIC+	Entrada para conectar un micrófono (positivo).
MIC-	Entrada para conectar un micrófono (negativo).
SPK+	Pin para conectar un altavoz (positivo).
SPK-	Pin para conectar un altavoz (negativo).

Para su conexión con un controlador bastará con alimentar la placa como se ha indicado y conectar los pines RxD y TxD a dos pines del controlador que admitan comunicación en serie. Es importante también conectar todas las tierras entre sí para tener una referencia de voltaje común en ambos dispositivos.

5.2.3. Sensores de CO₂ y CO

Los sensores de gas MQ son sensores electroquímicos que pueden detectar la presencia y la concentración de determinados gases, pueden detectar gran variedad de gases lo cual se puede identificar por su nomenclatura, para el caso de monóxido de carbono el usado es el **MQ-7** y para el dióxido de carbono el **MQ-135**.



Figura 83. Sensor MQ-7.

El principio de funcionamiento se basa en una resistencia variable en función a su exposición a determinados gases, para su correcto funcionamiento precisan de un elemento calefactor, el cual requiere de un tiempo de calentamiento especificado por el fabricante. La función del calentador es aumentar la temperatura de los componentes del sensor para que sus materiales adquieran la sensibilidad adecuada antes el gas.

Para comprender su funcionamiento podemos estudiar el esquema eléctrico de un sensor MQ representado en la Figura 84, la parte central es un amplificador operacional comparador, que compara dos voltajes, el de la resistencia variable con el gas R_L y el de un voltaje de referencia que se puede marcar mediante un potenciómetro, de manera que podemos ajustar la sensibilidad de la medida. Se incluyen además un LED de indicación de que el sensor esta activo y otro que se encenderá cuando se sobrepase el umbral establecido.

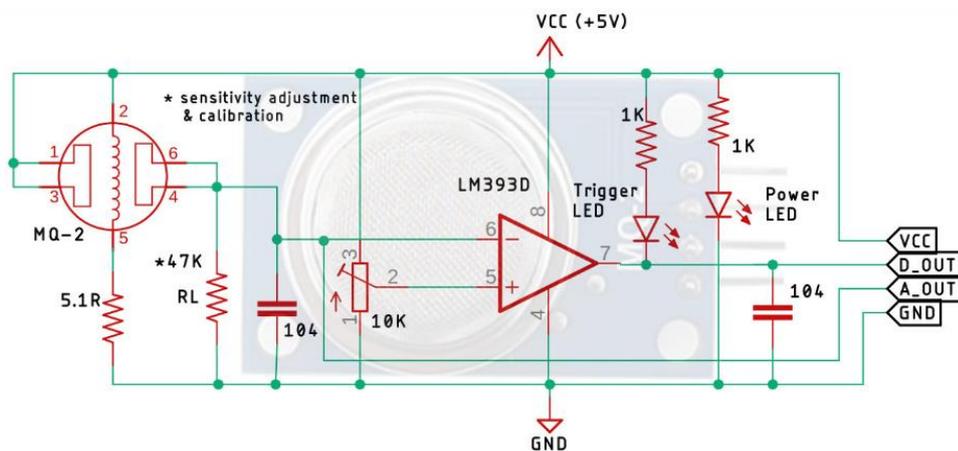


Figura 84. Esquema eléctrico de un sensor MQ.

Para su conexionado se resumen en la Tabla 23 los cuatro pines de conexión donde dos son para alimentación y los otras dos para señales de salida, las cuales son una digital, por si solo queremos usar el sensor como detector, y otra analógica la cual nos permite medir la concentración exacta del gas.

Tabla 23. Pines de un sensor MQ.

PIN	DESCRIPCIÓN
AO	Salida analógica
DO	Salida digital.
GND	Pin de tierra.
VCC	Pin de alimentación (5V).

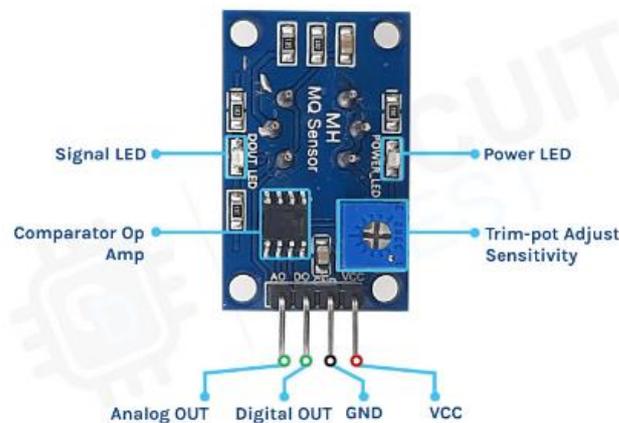


Figura 85. Pines de un sensor MQ.

5.2.4. Sensor de inundación

Para la detección de inundaciones se usará un sensor de nivel de agua, el cual consta de una resistencia que cambia de valor respecto a un nivel de agua, esta resistencia incluida en un circuito con un transistor más un circuito amplificador para generar la señal de salida con una intensidad suficiente que es el que genera el voltaje de salida proporcional al nivel detectado. Los tres pines del sensor se definen en la Tabla 24, siendo dos para alimentación y uno para la señal de salida analógica.



Figura 86. Sensor de nivel de agua.

Tabla 24. Pines del sensor de nivel de agua.

PIN	DESCRIPCIÓN
AO	Salida analógica
GND	Pin de tierra.
VCC	Pin de alimentación (5V).

5.2.5. Relés

Un relé es un interruptor el cual se activa o desactiva en base a una señal aplicada independiente del circuito que conecta o desconecta el interruptor, lo que permite por medio de una corriente muy débil, abrir o cerrar circuitos de una potencia mucho más elevada.



Figura 87. Relé de tipo KY-019.

El principio de funcionamiento es la **inducción electromagnética**, por medio de una bobina enrollada en un metal que al ser energizada produce un campo magnético que se usa para atraer un determinado contacto abriendo o cerrando un circuito. En la Figura 88 se representa el esquema eléctrico de un relé, donde K1 es la bobina, U1 representa un optoacoplador, el cual es un chip que consta de un diodo led conectado a los pines 1 y 2 y un fototransistor en los pines 3 y 4. Al alimentar el led este activará el fototransistor, cerrando el circuito de la bobina y activando la misma. Como el optoacoplador se activa con la luz del diodo led, se consigue un aislamiento entre el circuito de control y el de potencia.

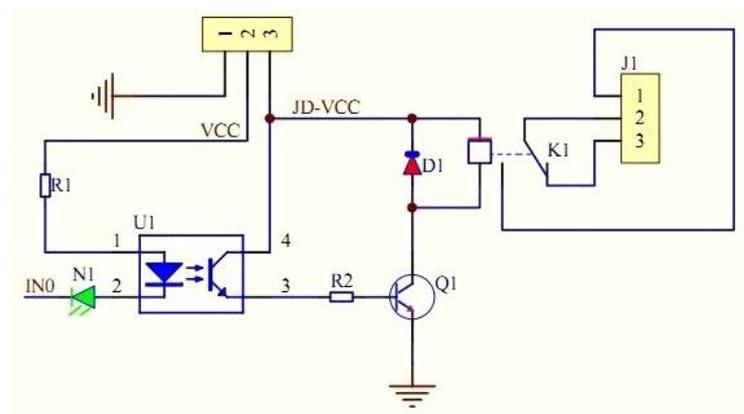


Figura 88. Esquema eléctrico de un relé.

Respecto a las entradas y salidas del relé, por la parte de control contamos con la alimentación (Vcc y Gnd) y la entrada de control del relé (IN1), la cual activa el optoacoplador, es importante destacar que el optoacoplador se activa cuando aplicamos en la entrada de control un nivel lógico bajo (0V). Respecto a los contactores contamos con uno común (COM), uno normalmente abierto (NA) que actúa a modo de interruptor abierto y un contacto normalmente cerrado (NC) el cual actúa a modo de interruptor cerrado. Con la activación de la entrada de señal del relé se cambia la posición de NO a NA cerrando el circuito conectado en los terminales NO y NA.



Figura 89. Pines del relé KY-019.

En la Figura 89 se muestran los pines de conexión de un relé simple, también existen módulos de relés con dos, tres, cuatro o hasta dieciséis o más relés los cuales tienen una entrada de señal para cada uno de ellos (IN1, IN2, IN3...). Para controlarlos bastaría con conectarlos a una salida digital de un microcontrolador que trabaje con voltajes de 5V.

Tabla 25. Pineado del relé KY-019.

PIN	DESCRIPCIÓN
IN1	Entrada de control del relé.
GND	Pin de tierra.
VCC	Pin de alimentación (5V).
NA	Contacto normalmente abierto
NC	Contacto normalmente cerrado
COM	Contacto común.

5.2.6. Electroválvulas

A modo simplificado, una electroválvula es un elemento similar al concepto de relé, un dispositivo que abre o cierra un circuito en base a una señal de control, pero en este caso el circuito controlado es hidráulico.



Figura 90. Electroválvula de dos vías

Su funcionamiento se basa en una bobina solenoide, la cual al energizarse crea un campo magnético que atrae un émbolo que abre o cierra el circuito el hidráulico, dependiendo de si la electroválvula es de tipo normalmente abierta o normalmente cerrada. Podemos también clasificar en base a otras características como el número de vías, o el método de acción, directa o indirecta. En la Figura 91 se representan los dos estados de una electroválvula de dos vías y de acción indirecta, ya que el émbolo no es el componente que bloquea directamente el fluido.

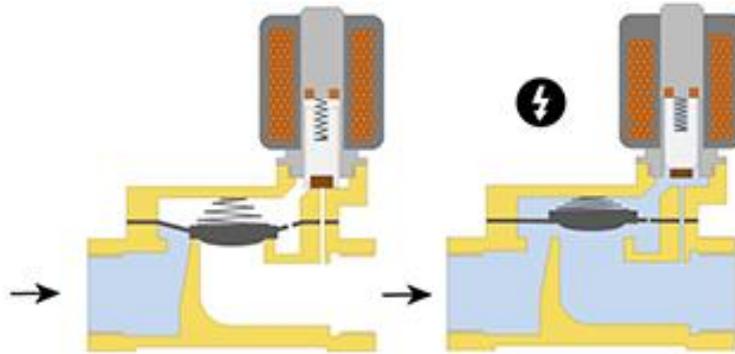


Figura 91. Electroválvula cerrada (izquierda) y abierta (derecha).

Respecto a sus conexiones, lo más común es que posean dos cables de alimentación los cuales si los conectamos al voltaje especificado por el fabricante activen la válvula, podemos hacer un control de ello en nuestro proyecto usando por ejemplo un relé como veremos más adelante.

5.2.7. Pantalla LCD

Para mostrar información al usuario podemos usar leds que indiquen cuando el sistema está en un determinado estado, pero una forma más intuitiva es por medio de interfaces que permiten la representación de mensajes en forma de texto, como por ejemplo las pantallas LCD. Estas siglas hacen referencia a 'Liquid Cristal Display' una tecnología usada en multitud de aparatos electrónicos con pantalla, desde monitores hasta teléfonos móviles o televisores.

No vamos a entrar en detalles de funcionamiento ya que esto daría para un estudio aparte, simplificando podemos decir que este tipo de pantallas se componen por una multitud de leds (pixeles) que al iluminarse unos u otros de manera coordinada forman la imagen.

Para nuestro proyecto haremos uso de una pantalla LCD diseñada para proyectos de Arduino, es de 16x2, es decir, podemos representar a la vez en pantalla dos líneas de dieciséis caracteres cada una.

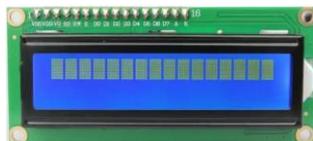


Figura 92. Pantalla LCD 16x2.

Esta pantalla usa un controlador HD44780 de Hitachi, y para su control son necesarios un total de dieciséis pines que se definen en la Tabla, aunque en el siguiente párrafo explicaremos como se puede simplificar para trabajar sólo con cuatro conexiones.

Tabla 26. Conexiones de la pantalla LCD 16x2

PIN	DESCRIPCIÓN
VSS	Pin de tierra
VDD	Pin de alimentación (3V o 5V)
VO	Pin para ajuste del contraste
RS	Señal de selección del registro.
R/W	Señal de selección de lectura/escritura
E	Señal de habilitación de funcionamiento
DB0	Señal de datos.
DB1	Señal de datos.
DB2	Señal de datos.
DB3	Señal de datos.
DB4	Señal de datos.
DB5	Señal de datos.
DB6	Señal de datos.
DB7	Señal de datos.
A/VEE	Ánodo para la retroiluminación del LCD
K	Cátodo para la retroiluminación del LCD

En caso de usar este dispositivo, veríamos limitadas las entradas y salidas de nuestro controlador ya que son demasiados pines para conectar, sin embargo, existe un módulo adaptador de LCD a I2C, el cual reduce las dieciséis conexiones originales a cuatro, ya que utiliza el protocolo de comunicación I2C descrito en el Capítulo 4 de este proyecto.

Tabla 27. Conexiones del módulo adaptador de LCD a I2C

PIN	DESCRIPCIÓN
GND	Pin de tierra
VCC	Pin de alimentación.
SDA	Pin de datos.
SCL	Pin de reloj.

5.2.8. Resumen de componentes a utilizar

Para la realización del proyecto se hará uso también de otros componentes secundarios, como resistencias, potenciómetros, leds, pulsadores, alarmas sonoras o reguladores de tensión como por ejemplo un convertidor Buck el cual será necesario para alimentar el SIM800L a partir de una fuente de 12V. En la Tabla 28 se enumeran todos los componentes que serán necesarios y cual función será llevada a cabo por cada uno de ellos.

Tabla 28. Componentes a usar en el proyecto.

COMPONENTE	FUNCIÓN
RELÉ KY-019	Será usado para activar salidas de mayor potencia del sistema como por ejemplo las electroválvulas.
ELECTROVÁVULA	Para el control de suministros de la vivienda y su apertura o corte cuando salte una determinada alarma.
ARDUINO UNO	Controlador de los sensores y actuadores del sistema
NODEMCU	Aportará la conectividad a internet y la transmisión de la información al usuario por medio de una interfaz.
SIM800L	Para poder llevar a cabo llamadas telefónicas de aviso en una situación de alarma.
PANTALLA LCD	Mostrará información del estado del sistema en tiempo real.
SENSOR MQ-7	Sensor para la detección de monóxido de carbono.
SENSOR MQ-135	Sensor para la detección de dióxido de carbono.
LEDS	Para indicaciones de las salidas del controlador.
REGULADOR CC/CC	Ajustar alimentación del módulo SIM800L.
PULSADORES	Para el control de los actuadores del sistema de manera manual.
ALARMA	Actuador en caso de activación de algún determinado sensor.
RESISTENCIAS	Diversos usos, como circuitos divisores de tensión, resistencias pull-up o pull-down, etc.

5.3. Distribución en la vivienda

Una vez explicados los componentes que formarán parte del proyecto, tenemos que distribuirlos por la vivienda que hemos escogido de una manera coherente y efectiva. Comenzamos por los sensores, para lo cual estudiamos cuales son las zonas de la vivienda más sensibles ante los fenómenos que queremos detectar: intrusiones, incendios, inundaciones o fugas de agua y escapes de gas.

El sensor PIR para detectar intrusos lo localizaremos en la zona más vulnerable de la vivienda, su entrada, el sensor de dióxido de carbono en la habitación principal, por su parte el detector de monóxido irá ubicado en la cocina que es

el lugar más propenso a fugas de gas al estar allí ubicada la caldera, y por último colocaremos el sensor de nivel de agua en el baño de la casa a ser junto a la cocina una de las zonas húmedas de una vivienda.

En este proyecto, por simplicidad y al tratarse de un prototipo base, solo se está situando un sensor para detectar cada evento, pero existe la posibilidad de aumentar las zonas a cubrir, por ejemplo, situando un sensor de cada tipo en cada una de las estancias de la vivienda.

En lo referente a los actuadores, para situar las electroválvulas que cortarán el suministro de gas y de agua deberemos adaptarnos a donde estén situados ambos en la vivienda, en este caso en el garaje. Las alarmas sonoras antincendios y antintrusos las localizaremos en un punto central de la vivienda como es el salón, para que puedan ser percibidas desde cualquier punto de la casa.

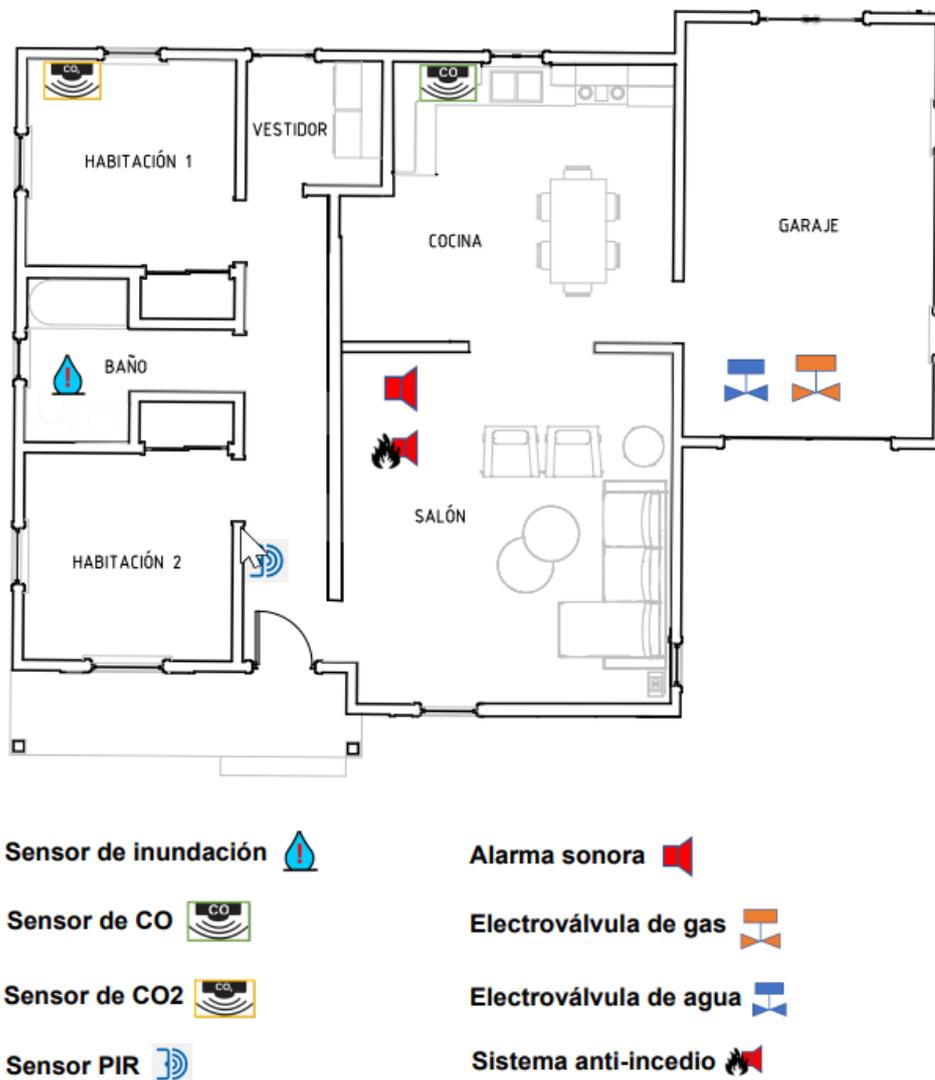


Figura 93. Ubicación de los componentes del sistema de alarma en la vivienda propuesta.

En la Figura 93 se muestra cual sería la ubicación en la vivienda unifamiliar que estamos estudiando, hay un punto importante a tener en cuenta y es que en este proyecto todas las comunicaciones entre los diferentes dispositivos son cableadas, lo cual es un limitante a la hora de instalar nuestro sistema, sobre todo en viviendas ya construidas, al no tener estas las canalizaciones previstas para ello. Además, si las distancias de cable son muy largas podrían afectar al correcto funcionamiento de las comunicaciones entre elementos.

Sin embargo, existen alternativas para poder instalar este tipo de sistemas sin la necesidad de utilizar cables, por ejemplo, hacer uso del internet de las cosas. Por medio de sensores wifi podemos sustituir los cables por comunicaciones inalámbricas, un ejemplo de implementación es el chip ESP8266-01, mostrado en el Capítulo 4, el cual podemos conectar al sensor o actuador que se quiere controlar para manejarlo inalámbricamente. Pero hay que tener en cuenta que los componentes necesitan una alimentación, con lo cual habrá que hacer uso de baterías o pilas para alimentar cada dispositivo.



Figura 94. Relé KY-019 con módulo ESP8266-01 para su control.

6. Fabricación del prototipo

Explicadas las características de los componentes que vamos a usar para el desarrollo del proyecto, la siguiente tarea es construir un prototipo real que cumpla los requisitos establecidos como se explica a continuación.

6.1. Esquema de conexiones sistema

En primer lugar, realizamos un esquema de conexiones del sistema con los componentes reales, los cuales son los que se instalarían si llegáramos a montar nuestro proyecto en una vivienda real.

Antes de pasar a realizar esquemas de conexionado es recomendable esquematizar y simplificar el sistema que se quiere diseñar, es decir, lo que se conoce como realizar un modelo del sistema. Para ello se hará uso de los diagramas UML (Lenguaje Unificado de Modelado), estos diagramas modelan diferentes sistemas, lo que ayuda a comprender sistemas complejos mediante elementos visuales.

Comenzamos implementado un diagrama de bloques, en el cual aparecerán los diferentes componentes del sistema y la relación entre ellos, con ello nos podemos hacer una idea rápida de cuales de ellos actúan como sensores, actuadores y cuál es la relación a nivel global existente entre todos ellos. Para nuestro sistema a diseñar nos queda un diagrama de bloques como el de la Figura 95, los dos controladores son las partes centrales del proyecto, las flechas que apuntan hacia ellos son entradas del sistema, y las que apuntan hacia fuera corresponden a las salidas.

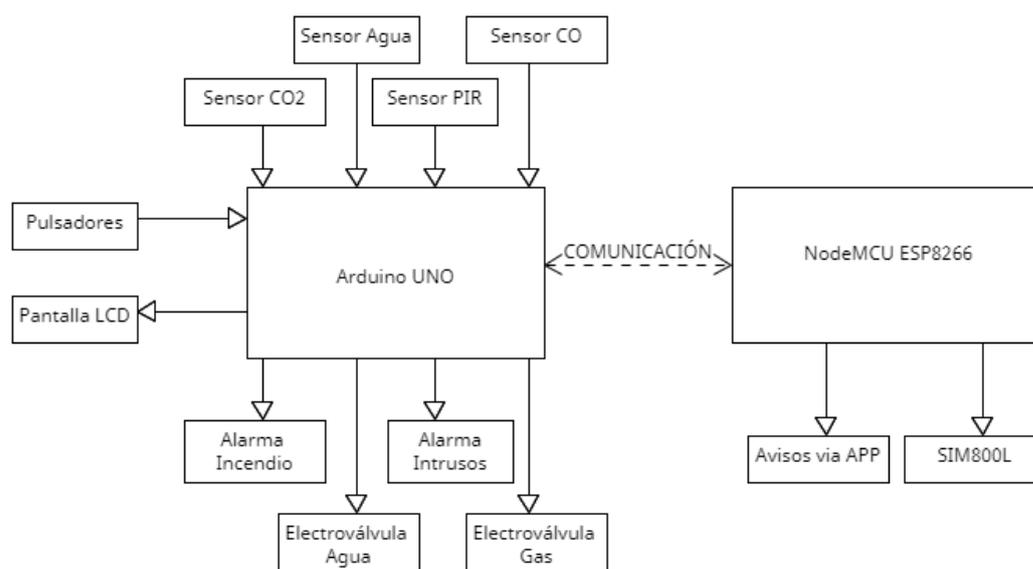


Figura 95. Diagrama de bloques del sistema de alarma para vivienda aislada.

Con el diagrama de bloques mostrado ya nos podemos hacer una idea más simplificada del sistema, el siguiente paso sería realizar la conexión física de los componentes, para ello ya hemos descrito en el Capítulo 5 como se conecta cada sensor o actuador por separado especificando sus pines. Es importante tener en cuenta la limitación del número de entradas y salidas de los controladores para no sobrepasarlo, así como otros apuntes como conectar las tierras de todos los componentes entre sí o alimentar cada equipo con el voltaje adecuado. En la Figura 96 se representa el esquema de conexiones del sistema.

Comenzamos describiendo las conexiones del sistema por la parte de las entradas, donde se ubican los cuatro sensores del sistema, tres de ellos, el MQ-135, MQ-7 y el sensor de nivel de agua, producen una salida analógica, con lo cual los conectaremos a tres de los pines que soportan este tipo de entradas en las placas de Arduino, A1, A0 y A2 respectivamente. El sensor restante, que es el detector PIR, produce una señal de salida digital como lo que se conectará al pin 10 de Arduino. Los cuatro sensores se alimentarán a 5V en continua mediante su correspondiente pin y estarán puestos al pin de tierra común del sistema, GND.

Para la gestión manual del sistema contamos con cuatro pulsadores, lo cuales se conectarán a los pines digitales de Arduino, pin 5 para el pulsador que activa la alarma de intrusos, pin 4 para el pulsador de la alarma de incendio, pin 3 para el pulsador que abre o cierra la válvula de gas y pin 2 para el pulsador que abre o cierra la electroválvula de agua de la vivienda. Cada uno de los pulsadores tiene asociada una resistencia de $10K \Omega$ a modo de resistencia pull-down, para así evitar falsas lecturas cuando el pulsador está en reposo. Las entradas mencionadas están en nivel bajo en situación de reposo y reciben la señal alto (5V) cuando se acciona el pulsador.

Por la parte de las salidas podemos diferenciar dos bloques, las salidas directas de la placa de Arduino UNO y las salidas dependientes del NodeMCU. El microcontrolador Arduino presenta salida directa a cuatro relés los cuales actúan a modo de interruptor activando o desactivando las cuatro alarmas del sistema (alarma de intrusos, alarma de incendio, electroválvula de gas y electroválvula de agua). Estas alarmas y electroválvulas funcionan con un voltaje de 220V en corriente alterna, con lo que los relés cumplen la función adicional de aislar la parte de control y la parte de potencia del sistema. Los cuatros relés se alimentan a 5V en continua, con el pin de tierra puesto a la tierra común (GND). La señal de cada uno de ellos se conecta un pin digital de Arduino: pin 6 para el relé que activa la electroválvula de gas, pin 7 para el que activa la electroválvula de agua, pin 8 para el que activa la alarma de incendio y pin 9 para el relé que activa la alarma de intrusos.

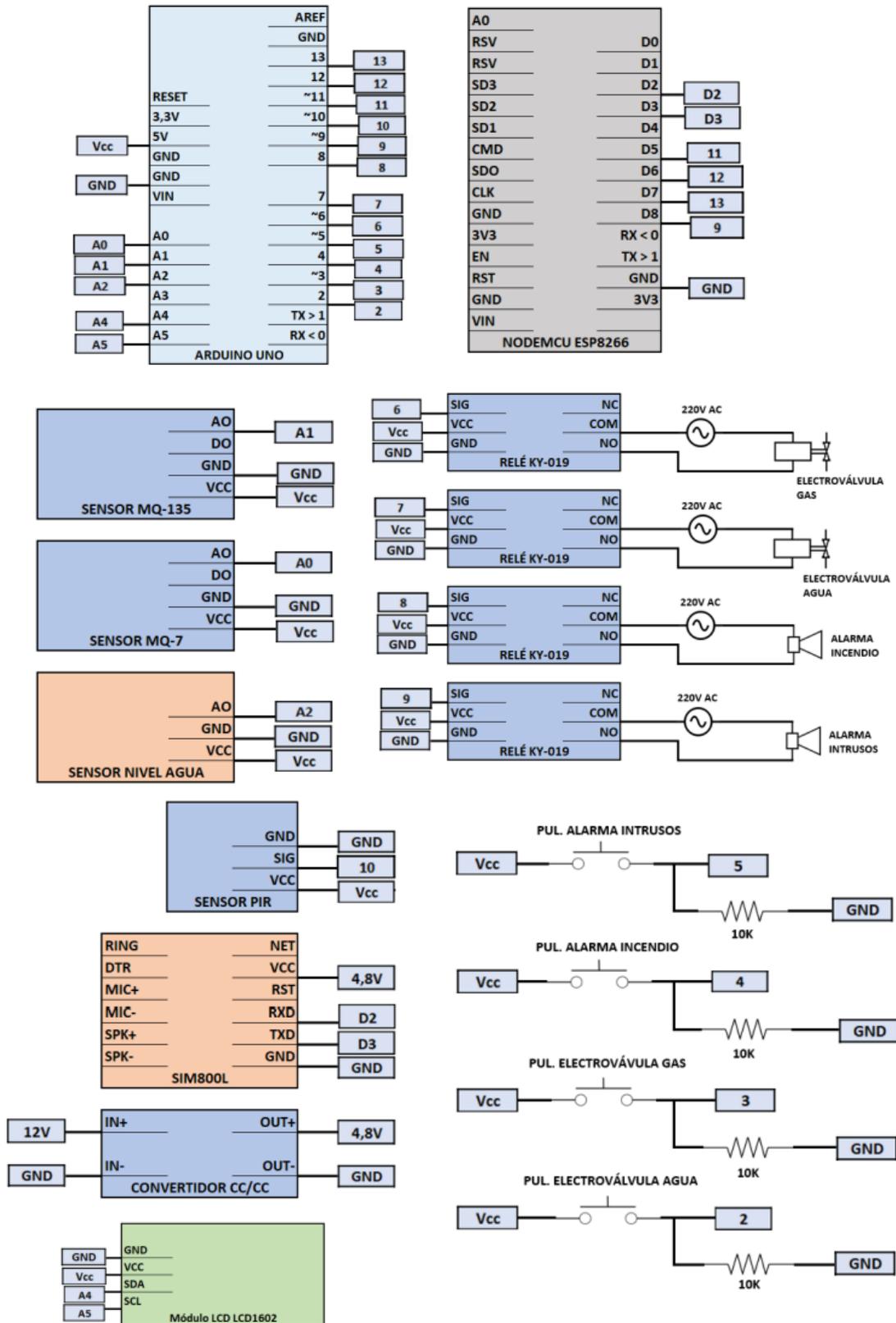


Figura 96. Esquema de conexiones del sistema de alarma para vivienda aislada.

La otra salida del Arduino es la pantalla LCD, la cual es de tipo analógico, con lo que se conectará a los pines A4 el pin SDA de la pantalla para la transmisión de datos y el pin A5 al SCL para transmitir la señal de reloj. Como en todos los dispositivos conectamos la alimentación a 5V y el pin de tierra a la tierra común.

Para simplificar la programación, la comunicación entre el Arduino y el NodeMCU se va a realizar por pines digitales, actuando los pines de Arduino de salida y en el NodeMCU serán tomados como entradas, donde cada una de ellas activará su salida correspondiente en el NodeMCU. Usaremos los pines 11,12,13 y nueve de Arduino que se conectarán respectivamente a los pines D5, D6, D7 y D8 del NodeMCU, estos pines se corresponden a las salidas de las cuatro alarmas, lo que queremos es llevar las mismas al NodeMCU, el cual, al disponer de conectividad wifi nos permite usarlas para notificar al usuario por otros medios que veremos en la parte de programación.

El NodeMCU trabaja con voltajes de 3,3V en sus entradas y salidas, frente a los 5V de Arduino, pero si se quiere asegurar el voltaje indicado por el fabricante podemos configurar un divisor de tensión como el de la Figura 97 con resistencias y regular el voltaje de 5 a 3,3V.

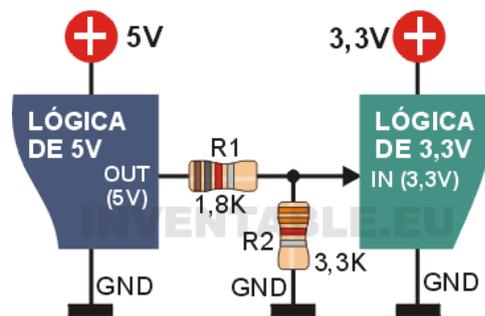


Figura 97. divisor de tensión.

El NodeMCU se comunica con el SIM800L para que este último pueda realizar el aviso de la alarma de intrusos por vía telefónica, para ello se conectarán los pines RXD y TXD del SIM800L a los pines D2 y D3 del controlador respectivamente. Ambos los configuraremos posteriormente para que funcionen como puerto de comunicación serial.

El módulo GSM requiere de picos de corriente en las ráfagas de transmisión de hasta 2 amperios, es por lo que requiere de una fuente de alimentación auxiliar, a 4,8V y que sea capaz de proporcionar los 2A. Se usará como fuente un regulador de continua de tipo Buck que generará el voltaje de 4,8V a su salida.

No es necesario configurar ninguna entrada más del NodeMCU puesto que el resto de los avisos se gestionarán por una aplicación web conectando el ESP8266 a una red wifi.

Posteriormente, como la intención es realizar un prototipo a escala, adaptamos el esquema real a uno a medida, sustituyendo aquellos elementos que no podemos probar en nuestro prototipo. Los sensores de gases y agua serán sustituidos por potenciómetros, los cuales ajustando su valor simularán la concentración de un determinado gas o del nivel de agua. Por la parte de actuadores, las electroválvulas serán sustituidas por indicadores lumínicos que indicarán mediante su encendido si la válvula esta activada o desactivada.

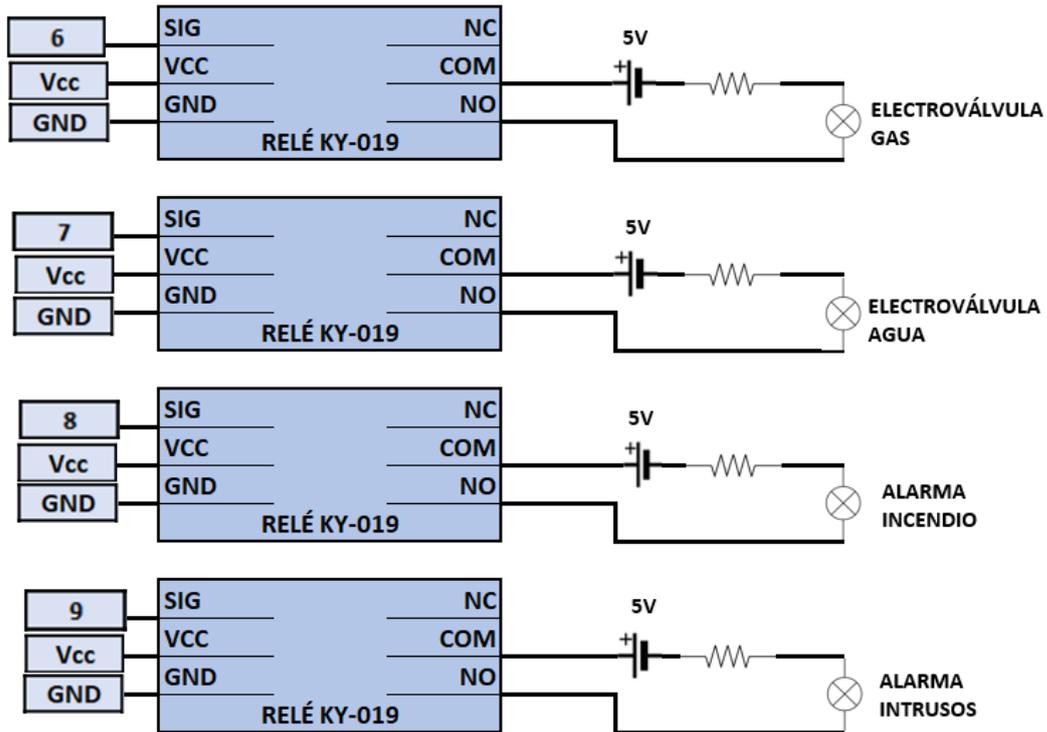


Figura 98. Esquema de salidas de los relés en el prototipo a construir.

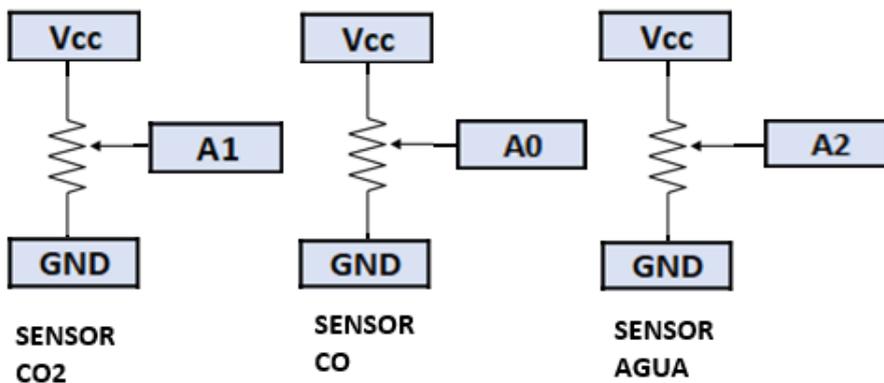


Figura 99. Esquema de sensores en prototipo simulados con potenciómetros.

6.2. Programación en Arduino IDE

Con los esquemas mostrados en el apartado anterior está definida la configuración física de los equipos, pero para que el sistema funcione es necesario programar los dos controladores que se van a utilizar, lo cual es lo que definirá como actúan los dispositivos de entrada y salida entre sí y será llevado a cabo mediante un lenguaje de programación, en este caso haremos uso de Arduino IDE.

Arduino IDE es el entorno de programación para dispositivos Arduino desarrollado por el propio fabricante, en esta plataforma podemos programar diferentes controladores mediante un lenguaje propio de Arduino basado en el conocido lenguaje C.

No se va a entrar en detalles del lenguaje de programación de Arduino, ya que no dista de otros lenguajes, debemos conocer que en el código existen dos partes diferenciadas, el `setup()` que es el código de configuración inicial, en él se definen las entradas y salidas y otros aspectos como por ejemplo la comunicación serial, solo se ejecuta una vez, y por otro lado está el `loop()` que se ejecuta en bucle y es donde se introducen las instrucciones del programa.

Antes de comenzar a programar es importante tener claro cuál es el resultado que se desea obtener y visualizar la idea en un diagrama de decisión, el cual es una herramienta muy útil en trabajos de programación informática.

El sistema con el que estamos trabajando cuenta con cuatro sensores y cuatro actuadores además de otros elementos auxiliares, la idea es que ambos cuatro trabajen de una manera idéntica, para ello realizamos un diagrama de decisión para mostrar cual debe de ser el proceso en función de la situación que ocurra en el sistema, lo cual se ha representado en la Figura 100.

Partimos de un estado inicial desde el que el sistema pasa a un estado de espera en el que permanecerá hasta que se active alguno de los sensores o hasta que se pulse un botón. Siempre y cuando un sensor se active, se deberá encender el actuador asociado al mismo y enviar la notificación al usuario. Si pulsamos el botón, el actuador se encenderá si está apagado o se apagará si está encendido siempre y cuando el sensor relacionado no este activado. Estas afirmaciones deben ser aplicadas a los cuatro sensores por igual, hay que tener en cuenta que los actuadores deben poder activarse paralelamente, pues es factible que en la vivienda tengamos más de una alarma activada en un momento concreto.

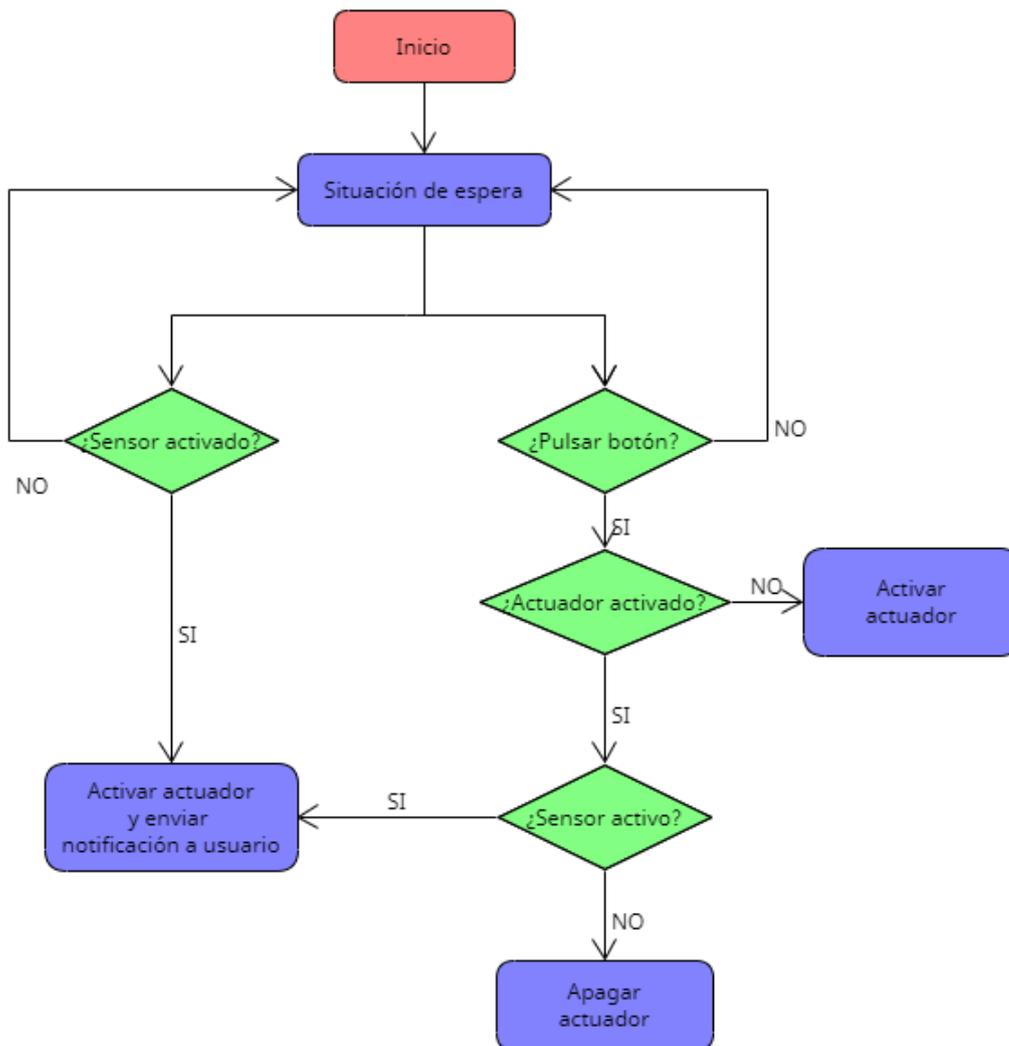


Figura 100. Diagrama de decisión del sistema.

El programa al completo, tanto el del Arduino UNO como el del ESP8266 se adjuntan en los anejos de este proyecto, se ha llevado a cabo una programación con instrucciones básicas del lenguaje de programación de Arduino.

Como particularidades destacarían los comandos AT usados para la gestión de los avisos telefónicos con el módulo SIM800L, o la implementación de una función que por medio de un programa (Pushbullet) con el cual podemos llevar salidas de nuestro sistema a ser notificadas en una aplicación instalable en cualquier smartphone.

6.3. Montaje del prototipo

Una vez realizada la programación, es hora de implementar la misma en los controladores y conectar los diferentes dispositivos para así poder realizar las pruebas de funcionamiento oportunas. Durante el desarrollo del proyecto no se ha trabajado con la versión final del prototipo, sino que se ha usado una maqueta a modo de pruebas, de manera provisional para así poder realizar modificaciones durante el tiempo de desarrollo.

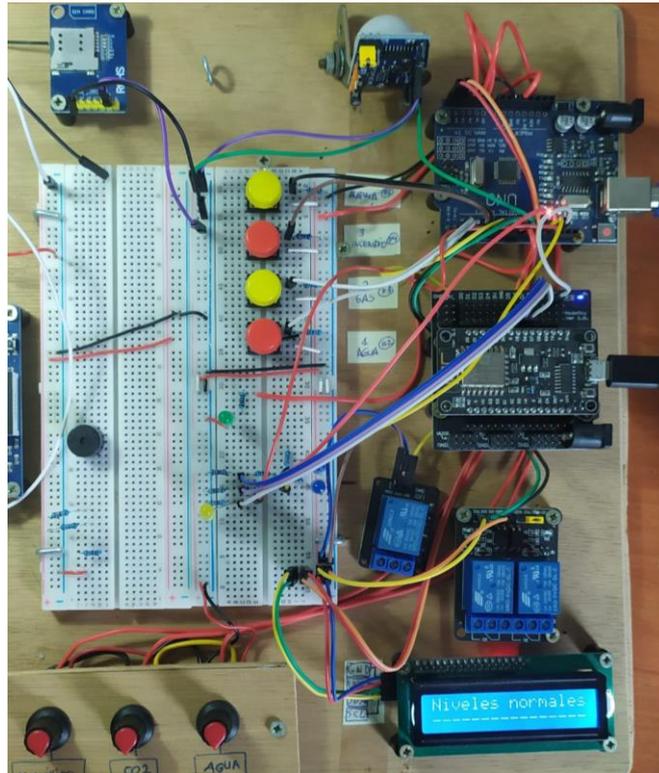


Figura 101. Maqueta inicial del prototipo.

Una vez encontrada la disposición final y cotejado el correcto funcionamiento del sistema, se ha realizado una caja de 30 x 20 x 7 cm donde se han ubicado los equipos y cableado, dejando la parte superior para la localización de sensores y actuadores de manera que estén al alcance del usuario para poder hacer las simulaciones necesarias. También en la parte superior se han dispuesto los pulsadores del sistema y la pantalla LCD para la muestra de información.

El prototipo cuenta con dos cables para la alimentación de los controladores que se conectarán a cargadores USB de 5V y una toma de corriente para una fuente de alimentación que alimentará el SIM800L. Se ha realizado un taladro en un lateral para el paso de cables de manera que queden agrupados en un mismo punto.

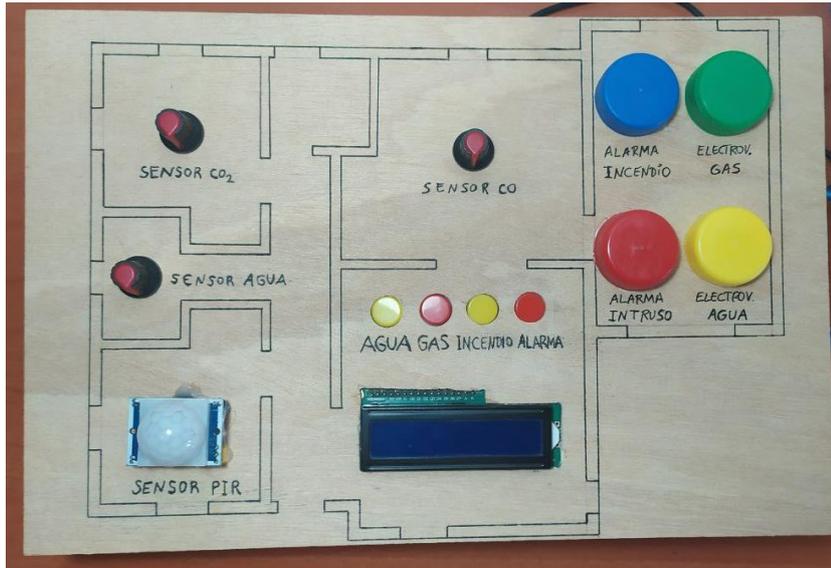


Figura 102. Prototipo final, vista superior.



Figura 103. Prototipo final, vista lateral.



Figura 104. Prototipo final, vista lateral, paso de cables.



Figura 105. Prototipo final, vista lateral izquierda.

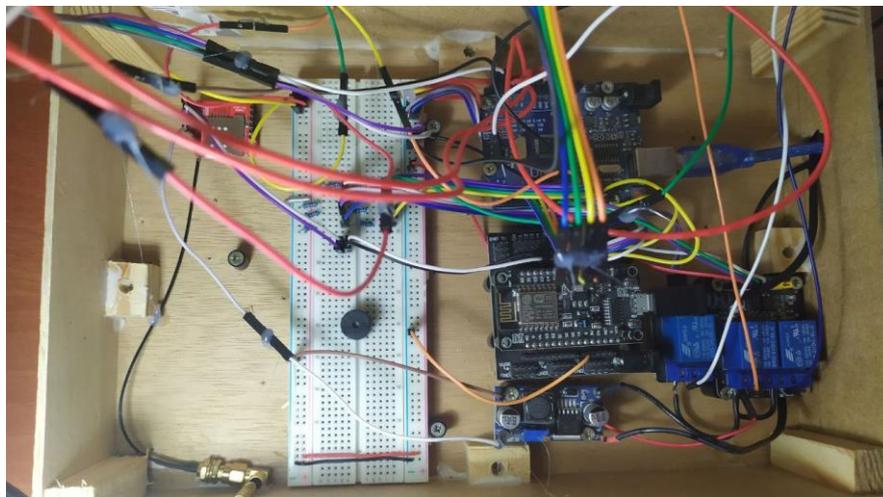


Figura 106. Prototipo final, vista interior.



Figura 107. Prototipo final, vista interior, controladores.

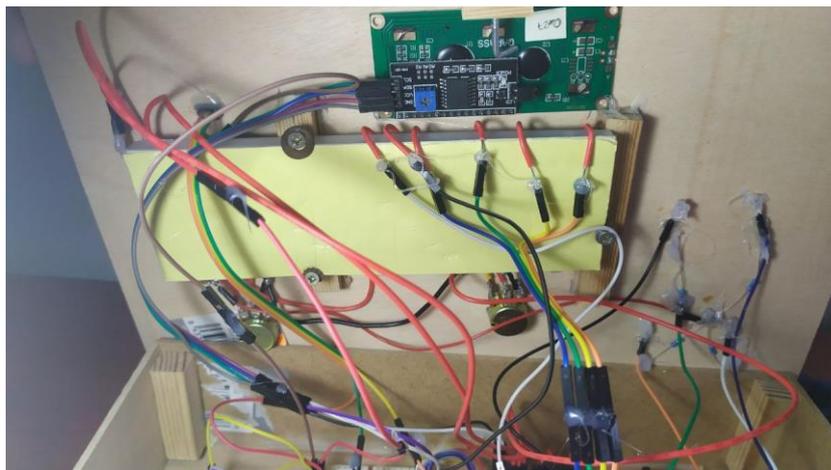


Figura 108. Prototipo final, vista inferior tablero.

6.4. Pruebas de funcionamiento

En la Tabla 29 se han establecido una serie de requisitos de funcionamiento que debería de cumplir nuestro sistema, ya que son parte del pliego de condiciones que hemos mencionado en este proyecto.

Tabla 29. Pruebas de funcionamiento del prototipo.

PRUEBA	REQUISITO	RESULTADO
Detección de CO2	Alarma de CO2 se activa, al detectar CO2 el sensor asociado.	OK
Detección de CO	Alarma de CO se activa, al detectar CO el sensor asociado.	OK
Detección de inundación	Alarma de inundación se activa, al detectar agua el sensor asociado.	OK
Detección de intrusos	Alarma de intrusos se activa, al detectar movimiento el sensor asociado.	OK
Notificaciones vía APP	Todos los avisos de alarma se muestran en la aplicación del usuario.	OK
Llamada de aviso	El usuario recibe una llamada al activarse la alarma anti-intrusos.	KO
Notificaciones en LCD	Las diferentes alarmas se muestran en la pantalla LCD.	OK
Activación manual electroválvula de gas	La electroválvula de gas se puede activar/desactivar manualmente.	OK
Activación manual electroválvula de agua	La electroválvula de agua se puede activar/desactivar manualmente.	OK
Activación manual alarma de incendio	La alarma de incendio se puede activar/desactivar manualmente.	OK
Activación manual alarma de intrusos	La alarma de intrusos se puede activar/desactivar manualmente.	OK

Realizamos entonces las pruebas sobre el prototipo, conectamos los equipos y dotamos al NodeMCU de conectividad wifi para lo cual nos ayudaremos de una conexión wifi emitida por un dispositivo móvil.

- **Alarma de intrusos**

Probamos el funcionamiento de la alarma de intrusos, para ello realizamos un movimiento detectable por el sensor PIR. Se comprueba que efectivamente se enciende la luz de alarma y se muestra el aviso en la pantalla LCD. Respecto a la notificación al usuario, se recibe la notificación en el smartphone sin inconveniente. Ahora bien, esta alarma implementa también una llamada telefónica que se realiza con el módulo SIM800L, sin embargo, en las pruebas realizadas, a pesar de que el código para realizar la llamada si es ejecutado, esta no llega a realizarse. Revisando las posibles causas nos encontramos con dos a las que podría deberse:

- El módulo SIM800L no es capaz de coger cobertura, de hecho, así lo demuestra el parpadeo de su LED, el cual no nunca llega a parpadear cada dos segundos indicando que se ha conectado a la red, salvo en momentos puntuales. Se ha probado a sustituir la SIM por una de otra compañía telefónica pero el error sigue persistiendo.
- La causa podría estar en que el módulo SIM800L está indicado para tarjetas SIM 2G/3G y no procesa las que usan tecnología 4G o 5G las cuales son las que estamos usando y las más comunes en el mercado actual.

Dado que la programación es correcta, así como la ejecución del programa tomaremos este error como subsanable, y en el producto final habrá que puntualizar que el módulo SIM800L debe situarse en lugares con una cobertura adecuada además de proporcionar una tarjeta SIM 2G.

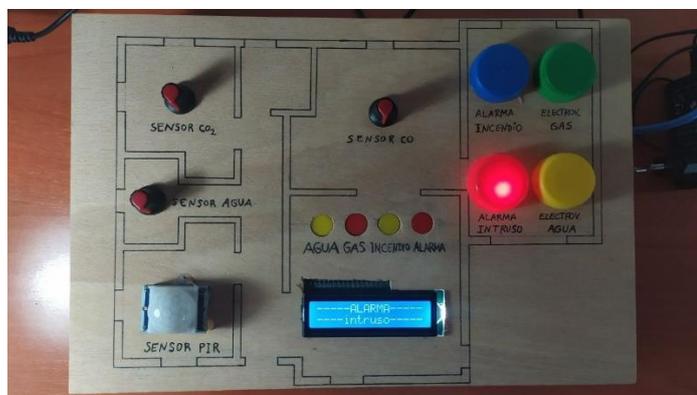


Figura 109. Prueba de funcionamiento de la alarma de intrusos.

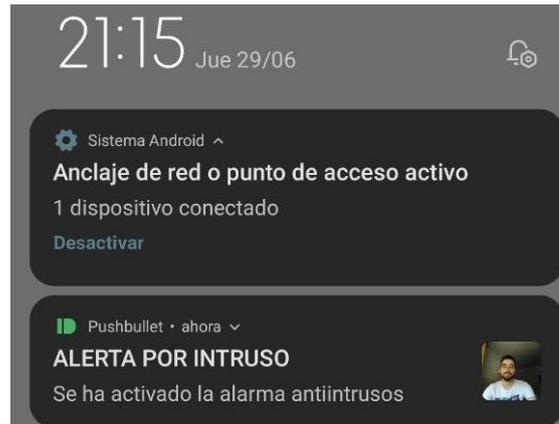


Figura 110. Prueba de funcionamiento alarma de intrusos: notificación a usuario.

- Alarma de monóxido de carbono

La alarma de monóxido de carbono funciona sin inconveniente, al girar el potenciómetro que simula este sensor se activa el actuador correspondiente, la notificación en la aplicación y se visualiza en la pantalla LCD el valor exacto de la concentración del gas.

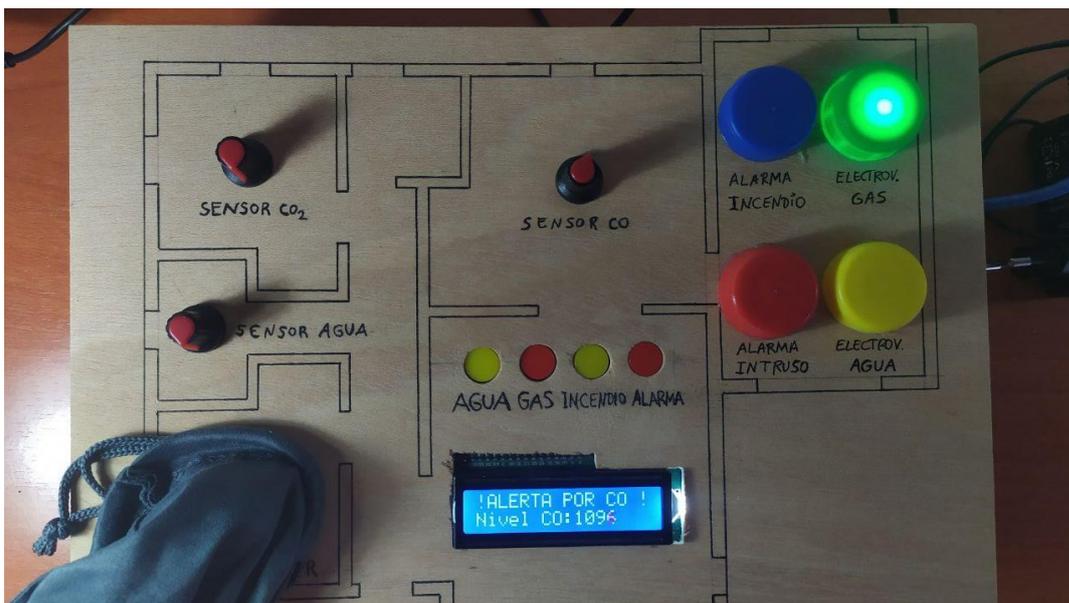


Figura 111. Prueba de funcionamiento de la alarma de gas.

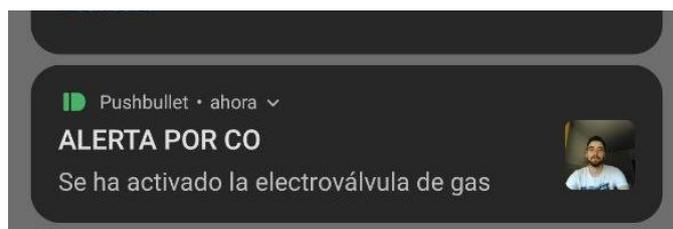


Figura 112. Prueba de funcionamiento alarma de gas: notificación a usuario.

- **Alarma de incendio**

La alarma de incendio funciona también sin errores, al girar el potenciómetro que simula el detector de dióxido de carbono se activa el actuador correspondiente, la notificación en la aplicación y en la pantalla LCD se muestra el aviso y el valor exacto de la concentración de CO2.

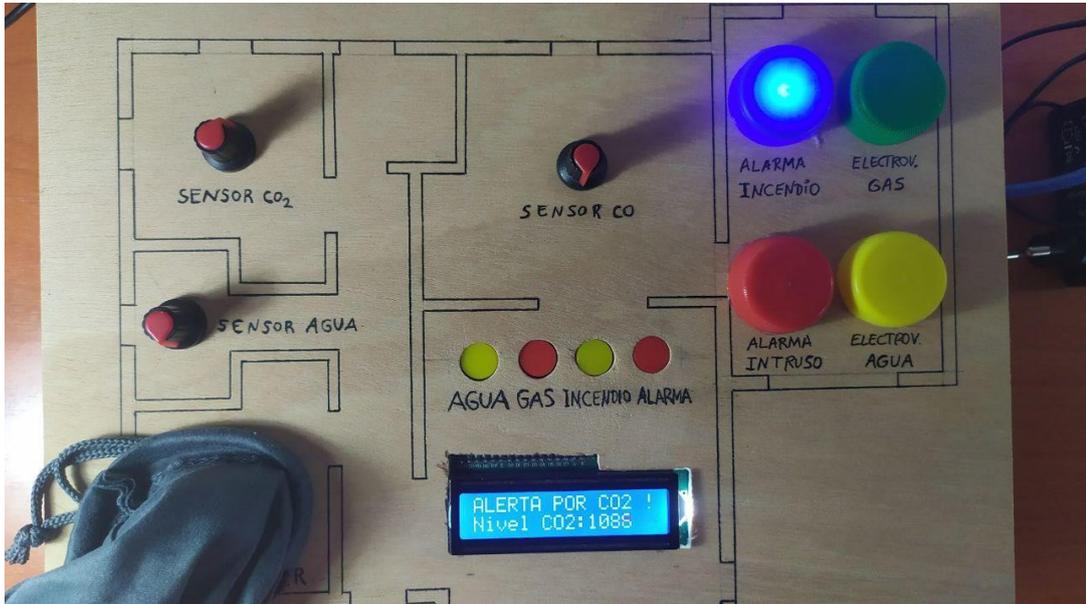


Figura 113. Prueba de funcionamiento alarma de incendio.

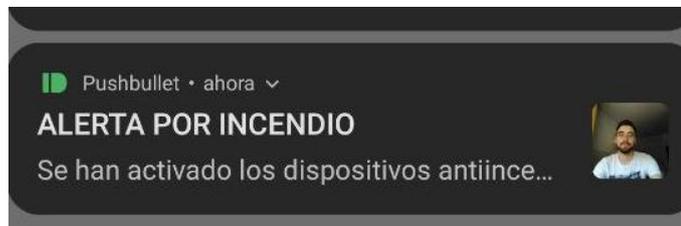


Figura 114. Prueba de funcionamiento alarma de incendio: notificación a usuario.

- **Alarma de fugas de agua**

La alarma para detectar inundaciones cumple su propósito de manera adecuada, al girar el potenciómetro que simula el detector de nivel de agua se activa el actuador correspondiente, la notificación en la aplicación y en la pantalla LCD se muestra el aviso y el valor exacto del nivel de agua.

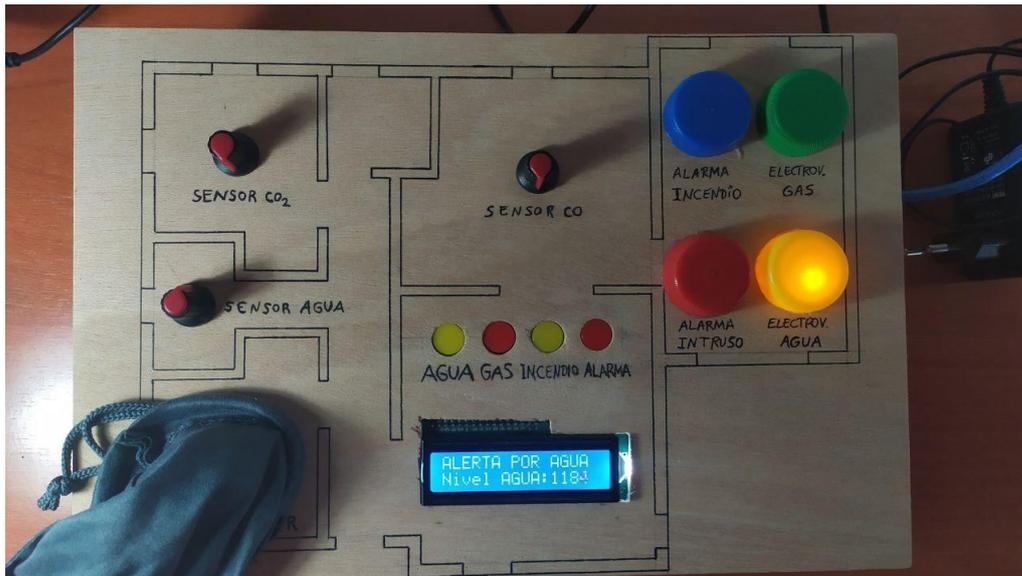


Figura 115. Prueba de funcionamiento alarma fugas de agua.

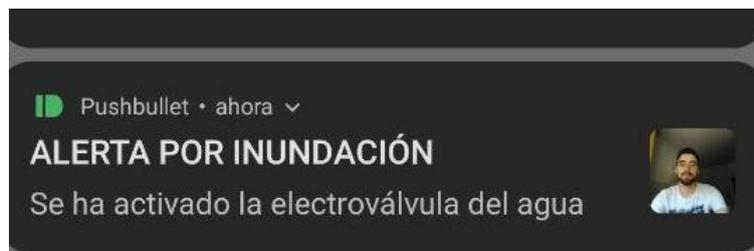


Figura 116. Prueba de funcionamiento alarma de fugas de agua: notificación a usuario.

En la aplicación móvil queda registrado un histórico con todas las alarmas que han saltado, como se aprecia en la Figura 117.

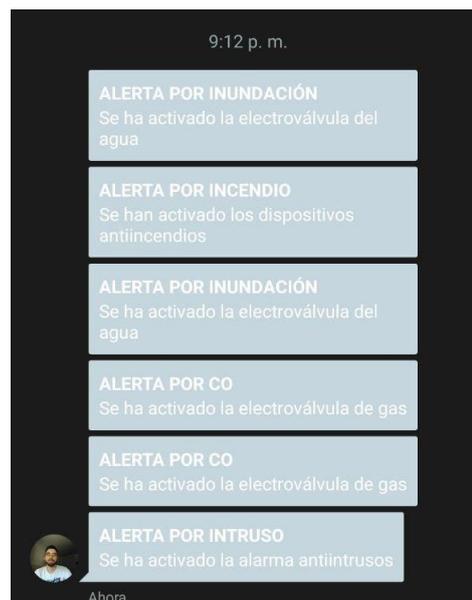


Figura 117. Histórico de notificaciones en la app.

- Manipulación manual del sistema

La gestión del sistema de manera manual por medio de los pulsadores también se lleva a cabo sin incidencias en nuestro prototipo, se comprueba que se pueden activar varias alarmas al mismo tiempo además de que si una de ellas está activada por que un sensor este detectando alguna anomalía no es posible desactivar el actuador de manera manual.



Figura 118. Prueba de funcionamiento manual.

6.5. Presupuesto

Presupuesto SISTEMA DE ALARMA PARA VIVIENDA AISLADA				
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID				
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES				
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA				
Fecha				jun-23
Producto	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
1	Arduino UNO	1	23,13 €	23,13 €
2	NodeMCU v3	1	3,47 €	3,47 €
3	Relé KY-019	4	0,51 €	2,04 €
4	Sensor MQ-135	1	6,49 €	6,49 €
5	Sensor MQ-7	1	1,08 €	1,08 €
6	Sensor de nivel de agua	1	2,36 €	2,36 €
7	Sensor PIR HC-SR501	1	4,78 €	4,78 €
8	Módulo SIM800L	1	4,25 €	4,25 €
9	Tarjeta SIM prepago	1	10,00 €	10,00 €
10	Regulador Voltaje LM2596S	1	2,99 €	2,99 €
11	Electroválvula	2	24,09 €	48,18 €
12	Alarma sonora	2	13,00 €	26,00 €
13	Pantalla LCD LCD1602	1	4,08 €	4,08 €
14	Pulsadores	4	0,62 €	2,48 €
15	Cableado y material eléctrico	1	35,00 €	35,00 €
16	Mano de obra montaje	1	150,00 €	150,00 €
17				
18				
19				
20				
Subtotal				326,33 €
Beneficio industrial (30%)				97,90 €
Gastos generales (11%)				35,90 €
21,00% IVA				68,53 €
Total				528,65 €

7. Conclusiones del proyecto

El funcionamiento general del sistema es correcto a falta de algún punto aislado como los avisos vía llamada telefónica los cuales en caso de implementación del sistema en una vivienda real habría que solventar con las soluciones propuestas en el capítulo anterior.

No es lo mismo implantar el sistema en un maqueta a pequeña escala que en una vivienda donde las distancias entre los dispositivos serán de varios metros, lo que conlleva una instalación de cableado que podría ser compleja en función de la distribución con la que cuente la vivienda, es por ello que un punto que hubiera sido de utilidad implementar desde el principio es la gestión de los sensores y actuadores con módulos wifi, para eliminar cables de comunicación y conseguir una estética en los acabados más disimulada y profesional.

La programación del prototipo está realizada con comandos básicos, otro punto que hubiera sido distintivo o que podemos tomar de referencia como línea de mejora futura es la implementación de una aplicación para móvil propia desde la que se pudieran gestionar todas las entradas y salidas del sistema, así como otras funciones adicionales añadidas al sistema que proporcionan un valor añadido al producto, por ejemplo, toma de datos de temperatura y humedad de la vivienda en tiempo real, control del sistema de calefacción integrado en el proyecto, o control de las luces de la vivienda.

La ventaja de controladores como Arduino es su gran adaptabilidad a cualquier sistema, lo que significa que, aunque en un inicio el sistema tenga limitadas las funcionalidades siempre podemos añadir otras nuevas mediante programación, aunque lo ideal, si vamos a comercializar el producto en el mercado, sería cargar nuestro código en un controlador no reprogramable para así venderlo como algo exclusivo y que lo pueda diferenciar del resto de sistemas existentes en el mercado.

Como punto final, se considera que se han cumplido los objetivos establecidos en el proyecto, no así este siempre se puede mejorar con funcionalidades añadidas, pero como lo que se quería conseguir era un sistema de alarma sencillo, robusto y económico, dado que el realizado cumple estas características podemos afirmar que el resultado obtenido en el proyecto es aceptable.

8. Bibliografía

Arguello, F. (15 de marzo de 2021). ¿Cómo funcionan los detectores de humo?. *Infoteknico*. <https://www.infoteknico.com/como-funcionan-los-detectores-de-humo/>

Barrio Andrés, M. (2020). *Internet de las Cosas*. REUS Editorial.

Enviar Recibir SMS y Llamar con el módulo SIM800L GSM y Arduino. (s. f.) Recuperado de <https://descubrearduino.com/sim800l-gsm/>

¿Cómo funciona el sensor de humo y gases inflamables MQ-2 con Arduino?. (14 de abril de 2022) Recuperado de <https://ecuarobot.com/2022/04/14/como-funciona-el-sensor-de-humo-y-gases-inflamables-mq-2-con-arduino>

¿Cómo funciona el sensor PIR HC-SR501 con Arduino? (6 de diciembre de 2022) Recuperado de <https://cursos.mcielectronics.cl/2022/12/06/como-funciona-el-sensor-pir-hc-sr501-e-interconectarlo-con-arduino/>

Corona Ramírez, L., Abarca Jiménez, G., Mares Carreño, J. (2019). *Sensores y actuadores: Aplicaciones con Arduino*. PATRIA Educación.

Crespo, E. (12 de septiembre de 2017). *Qué es ESP8266*. Aprendiendoarduino. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/09/12/que-es-esp8266/>

Granda Miguel M. y Mediavilla Bolado E. (2014). *Instrumentación electrónica: transductores y acondicionadores de señal*. PubliCan

Gutiérrez, M., Iturralde, S. (2017). *Fundamento Básicos de Instrumentación y Control*. Editorial UPSE.

Guzmán Navarro, F. (2015). *Domótica: Gestión de la energía y gestión técnica de edificios*. RA-MA Editorial

Hughes, T. (24 de septiembre de 2012). *History of the Home Burglar Alarm System!* [Prezi]. <https://prezi.com/qnhvolcb44b6/history-of-the-home-burglar-alarm-system/>

Llamas, Luis. (2 de junio de 2018). *NodeMCU, la popular placa de desarrollo con ESP8266*. Luisllamas. <https://www.luisllamas.es/esp8266-nodemcu/>

Módulos de relé y Arduino: Domótica. (8 de julio de 2020). Recuperado de <https://robots-argentina.com.ar/didactica/modulos-de-rele-y-arduino-domotica-1/>

Pallas Areny, R. (2005). *Sensores y acondicionadores de señal*. (4ª edición). Editorial Marcombo

Santiago Espinosa, F. (Marzo de 2017). *Microcontroladores*. [Diapositivas de PowerPoint]. Universidad Tecnológica de la Mixteca. http://www.controlesdigitales.com/1Parcial/1_Introduccion_MCUs.pdf

Electroválvula - Cómo funcionan (s. f.) Recuperado de <https://tameson.es/pages/electrovalvulas-como-funcionan>

Torrente Artero, O. (2013). *ARDUINO. Curso Práctico de formación*. Libros RC.

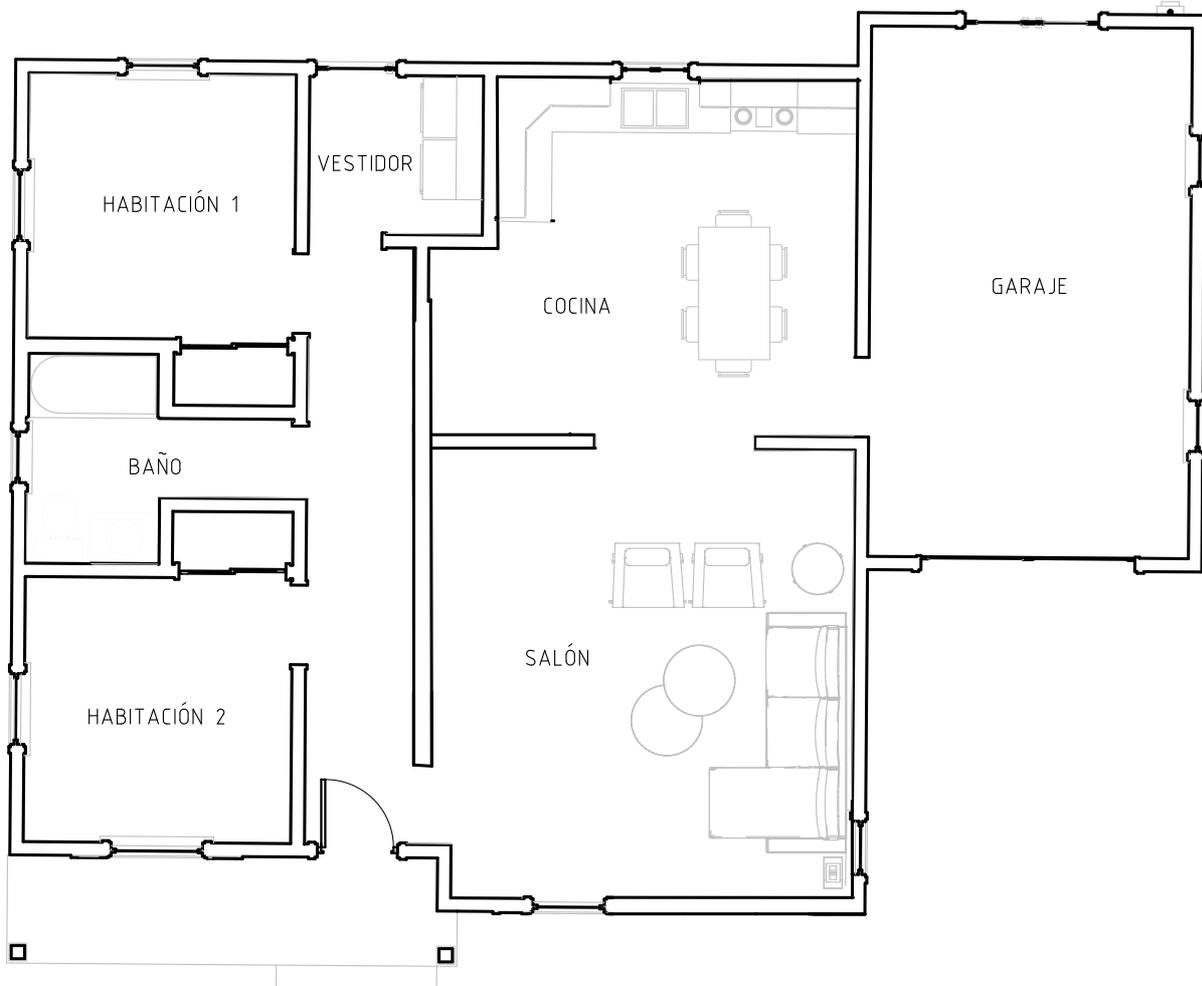
Turmo, E. (1980). *Detección automática de incendios. Detectores térmicos*. https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_185.pdf/e9fe7b54-3c3d-4930-bf45-905f0e38d84f?version=1.0&t=1617977155917

TUTORIAL LCD CON I2C, CONTROLA UN LCD CON SOLO DOS PINES (s.f.) Recuperado de https://naylampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-controla-un-lcd-con-solo-dos-pines.html

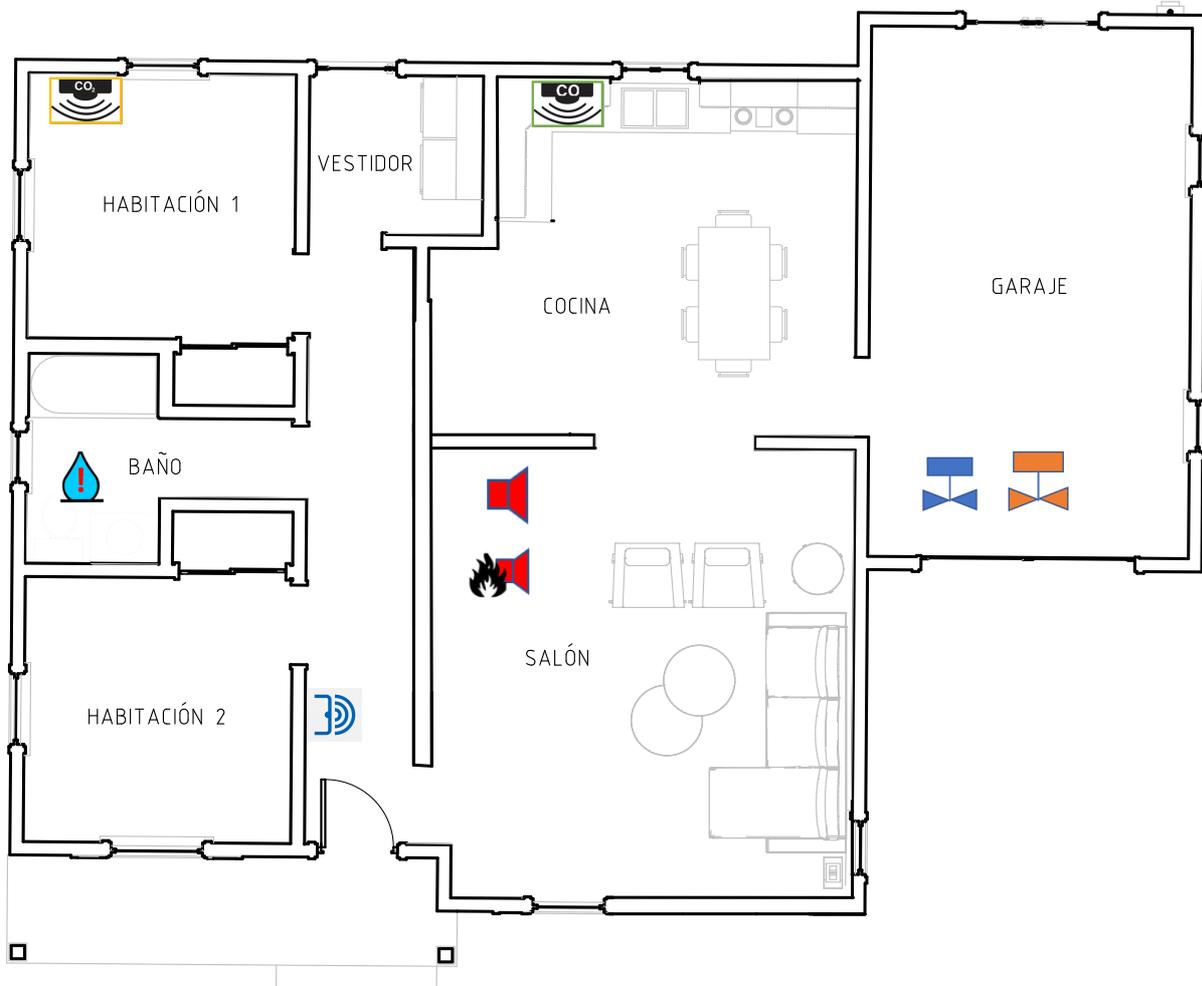
Zuil, M. (15 de diciembre de 2018). La España asustadiza: cada vez se instalan más alarmas mientras los robos bajan. *El Confidencial*. https://www.elconfidencial.com/espana/2018-12-15/marketing-miedo-anuncios-alarmas-robos_1705610/

9. Anexos

9.1. Planos de la vivienda



AUTOR:	ALEXANDER BLANCO HUELMOS	PLANO 1	 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
TUTOR:	ÁNGEL EUGENIO ARRANZ GIMÓN	ESCALA 1:50	
FDO:  FECHA:06/2023	TITULO PROYECTO:  SISTEMA DE ALARMA PARA VIVIENDA AISLADA BASADO EN MICROCONTROLADOR		PLANO: VIVIENDA



Sensor de inundación 

Alarma sonora 

Sensor de CO 

Electroválvula de gas 

Sensor de CO2 

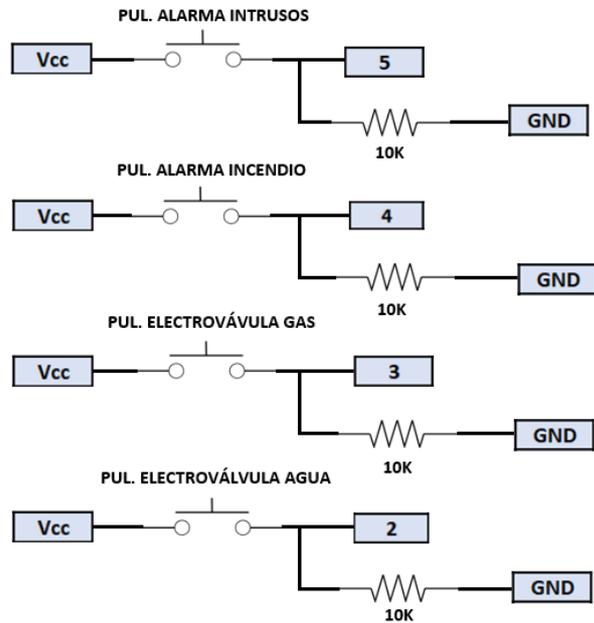
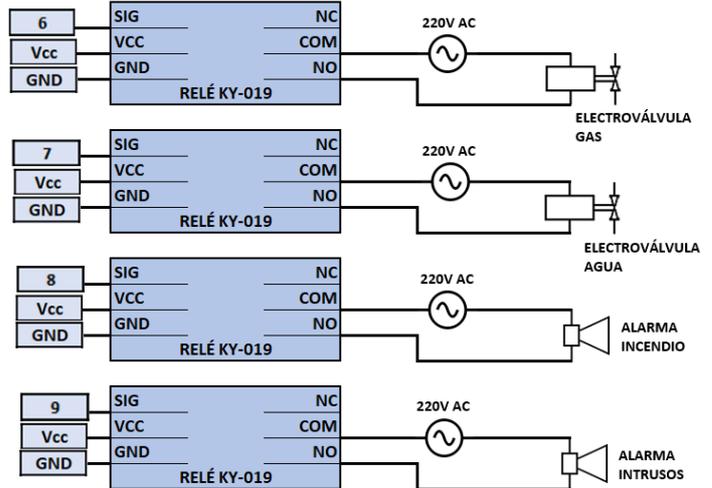
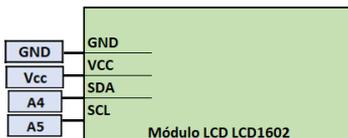
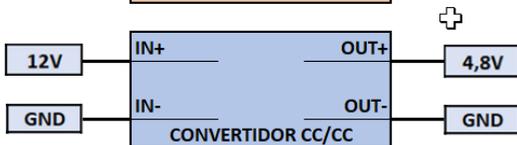
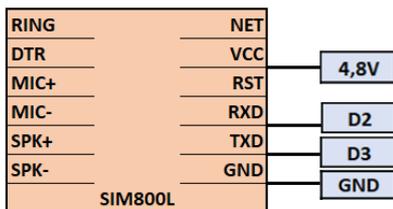
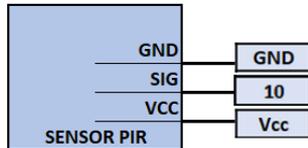
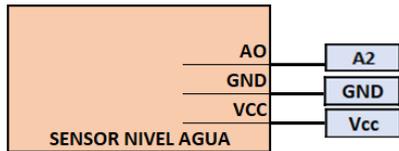
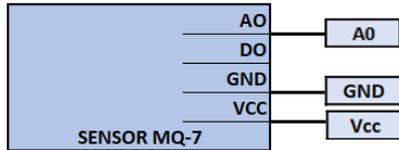
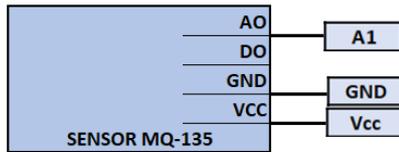
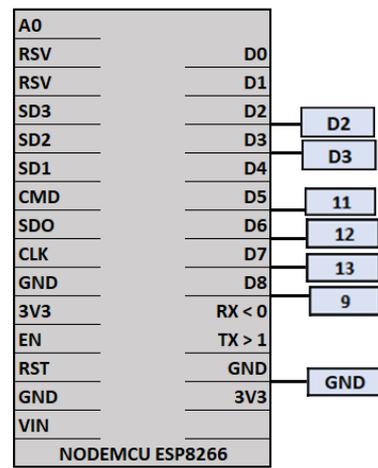
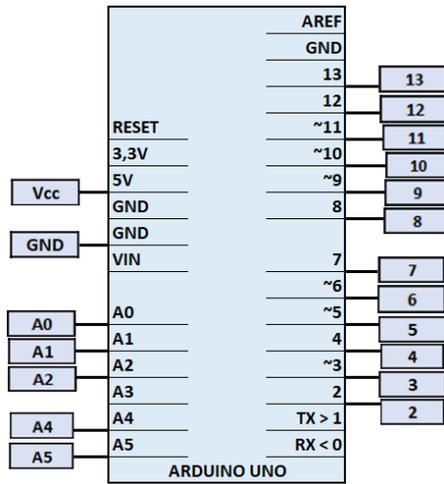
Electroválvula de agua 

Sensor PIR 

Sistema anti-incendio 

AUTOR:	ALEXANDER BLANCO HUELMOS	PLANO 2	 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 
TUTOR:	ÁNGEL EUGENIO ARRANZ GIMÓN	ESCALA 1:50	
FDO: 	TITULO PROYECTO: SISTEMA DE ALARMA PARA VIVIENDA AISLADA BASADO EN MICROCONTROLADOR		PLANO: SENSORES Y ACTUADORES
FECHA:06/2023			

9.2. Esquemas eléctricos



AUTOR:	ALEXANDER BLANCO HUELMOS	PLANO 3	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
TUTOR:	ÁNGEL EUGENIO ARRANZ GIMÓN	ESCALA 1:50	
FDO:	TITULO PROYECTO: SISTEMA DE ALARMA PARA VIVIENDA AISLADA BASADO EN MICROCONTROLADOR		PLANO: ESQUEMA DE CONEXIONADO
FECHA:06/2023			

9.3. Fichas técnicas de los equipos



Description

The Arduino UNO R3 is the perfect board to get familiar with electronics and coding. This versatile microcontroller is equipped with the well-known ATmega328P and the ATmega 16U2 Processor.

This board will give you a great first experience within the world of Arduino.

Target areas:

Maker, introduction, industries



Features

- **ATMega328P Processor**
 - **Memory**
 - AVR CPU at up to 16 MHz
 - 32KB Flash
 - 2KB SRAM
 - 1KB EEPROM
 - **Security**
 - Power On Reset (POR)
 - Brown Out Detection (BOD)
 - **Peripherals**
 - 2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels
 - 1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels
 - 1x USART with fractional baud rate generator and start-of-frame detection
 - 1x controller/peripheral Serial Peripheral Interface (SPI)
 - 1x Dual mode controller/peripheral I2C
 - 1x Analog Comparator (AC) with a scalable reference input
 - Watchdog Timer with separate on-chip oscillator
 - Six PWM channels
 - Interrupt and wake-up on pin change
- **ATMega16U2 Processor**
 - 8-bit AVR® RISC-based microcontroller
- **Memory**
 - 16 KB ISP Flash
 - 512B EEPROM
 - 512B SRAM
 - debugWIRE interface for on-chip debugging and programming
- **Power**
 - 2.7-5.5 volts



CONTENTS

1 The Board	4
1.1 Application Examples	4
1.2 Related Products	4
2 Ratings	4
2.1 Recommended Operating Conditions	4
2.2 Power Consumption	5
3 Functional Overview	5
3.1 Board Topology	5
3.2 Processor	6
3.3 Power Tree	6
4 Board Operation	7
4.1 Getting Started - IDE	7
4.2 Getting Started - Arduino Web Editor	7
4.3 Getting Started - Arduino IoT Cloud	7
4.4 Sample Sketches	7
4.5 Online Resources	7
5 Connector Pinouts	8
5.1 JANALOG	9
5.2 JDIGITAL	9
5.3 Mechanical Information	10
5.4 Board Outline & Mounting Holes	10
6 Certifications	11
6.1 Declaration of Conformity CE DoC (EU)	11
6.2 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021	11
6.3 Conflict Minerals Declaration	12
7 FCC Caution	12
8 Company Information	13
9 Reference Documentation	13
10 Revision History	13



1 The Board

1.1 Application Examples

The UNO board is the flagship product of Arduino. Regardless if you are new to the world of electronics or will use the UNO as a tool for education purposes or industry-related tasks.

First entry to electronics: If this is your first project within coding and electronics, get started with our most used and documented board; Arduino UNO. It is equipped with the well-known ATmega328P processor, 14 digital input/output pins, 6 analog inputs, USB connections, ICSP header and reset button. This board includes everything you will need for a great first experience with Arduino.

Industry-standard development board: Using the Arduino UNO board in industries, there are a range of companies using the UNO board as the brain for their PLC's.

Education purposes: Although the UNO board has been with us for about ten years, it is still widely used for various education purposes and scientific projects. The board's high standard and top quality performance makes it a great resource to capture real time from sensors and to trigger complex laboratory equipment to mention a few examples.

1.2 Related Products

- Starter Kit
- Tinkerkit Braccio Robot
- Example

2 Ratings

2.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40°F)	85 °C (185°F)

NOTE: In extreme temperatures, EEPROM, voltage regulator, and the crystal oscillator, might not work as expected due to the extreme temperature conditions



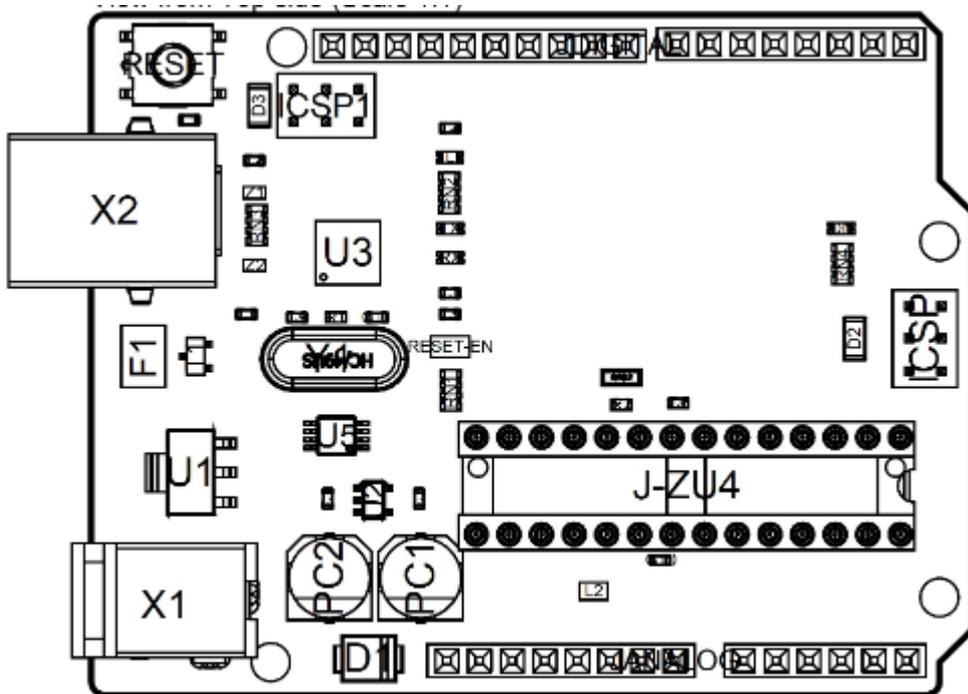
2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

3 Functional Overview

3.1 Board Topology

Top view



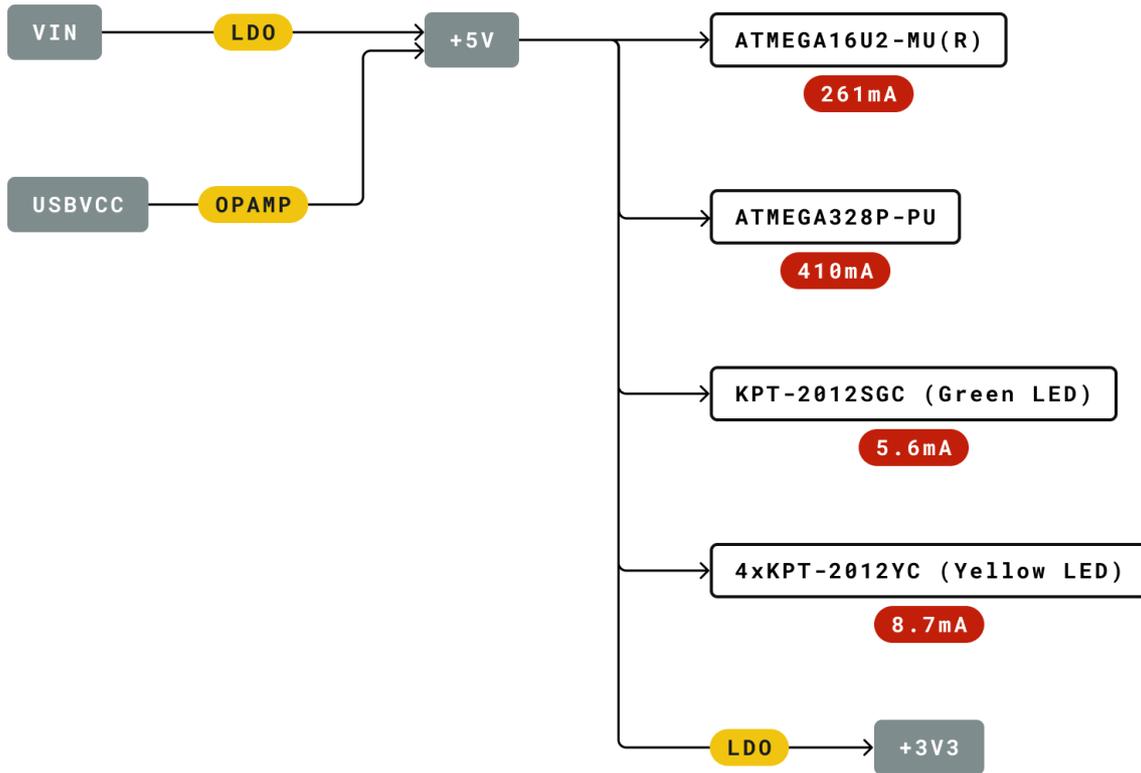
Board topology

Ref.	Description	Ref.	Description
X1	Power jack 2.1x5.5mm	U1	SPX1117M3-L-5 Regulator
X2	USB B Connector	U3	ATMEGA16U2 Module
PC1	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	U5	LMV358LIST-A.9 IC
PC2	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	F1	Chip Capacitor, High Density
D1	CGRA4007-G Rectifier	ICSP	Pin header connector (through hole 6)
J-ZU4	ATMEGA328P Module	ICSP1	Pin header connector (through hole 6)
Y1	ECS-160-20-4X-DU Oscillator		

3.2 Processor

The Main Processor is a ATmega328P running at up to 20 MHz. Most of its pins are connected to the external headers, however some are reserved for internal communication with the USB Bridge coprocessor.

3.3 Power Tree



Legend:

- Component
- Power I/O
- Conversion Type
- Max Current
- Voltage Range

Power tree



4 Board Operation

4.1 Getting Started - IDE

If you want to program your Arduino UNO while offline you need to install the Arduino Desktop IDE [1] To connect the Arduino UNO to your computer, you'll need a Micro-B USB cable. This also provides power to the board, as indicated by the LED.

4.2 Getting Started - Arduino Web Editor

All Arduino boards, including this one, work out-of-the-box on the Arduino Web Editor [2], by just installing a simple plugin.

The Arduino Web Editor is hosted online, therefore it will always be up-to-date with the latest features and support for all boards. Follow [3] to start coding on the browser and upload your sketches onto your board.

4.3 Getting Started - Arduino IoT Cloud

All Arduino IoT enabled products are supported on Arduino IoT Cloud which allows you to Log, graph and analyze sensor data, trigger events, and automate your home or business.

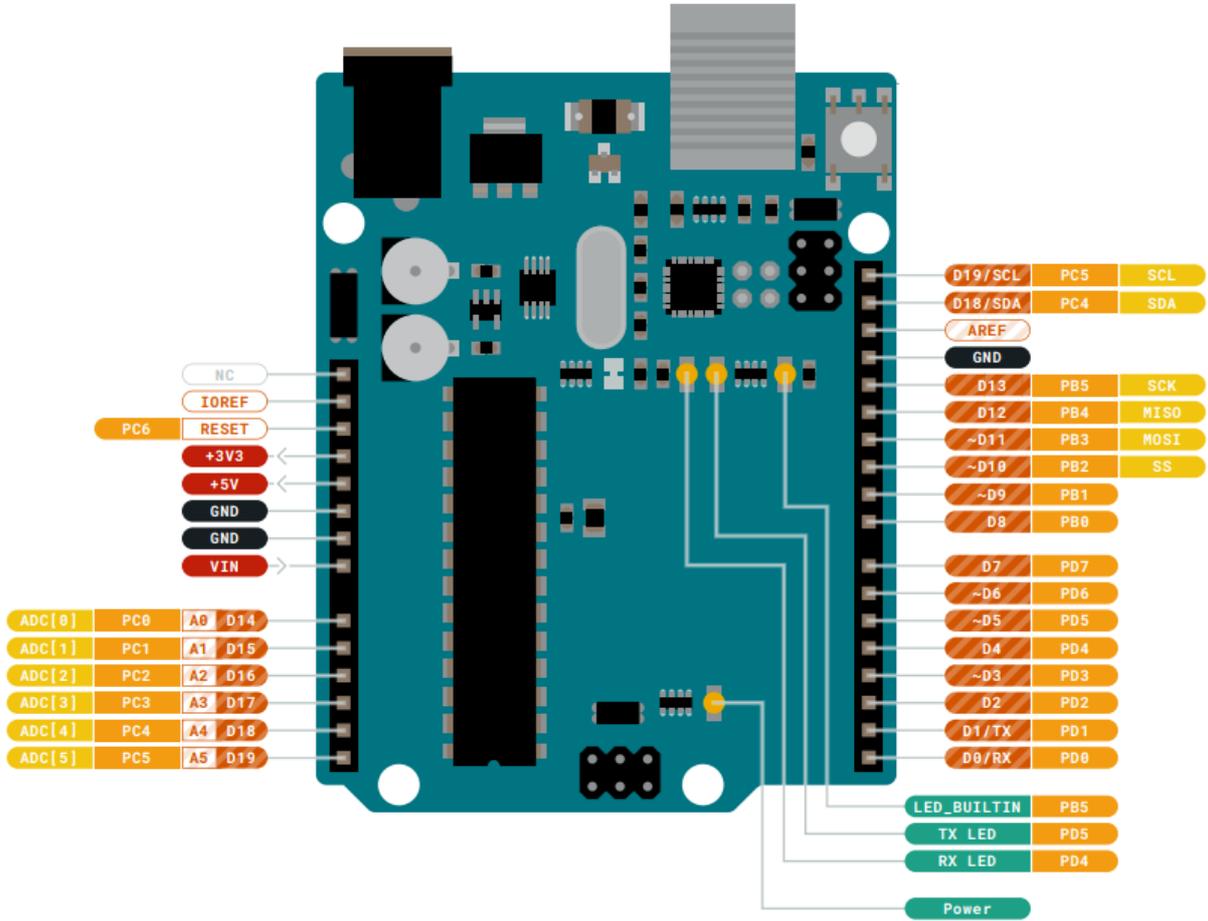
4.4 Sample Sketches

Sample sketches for the Arduino XXX can be found either in the "Examples" menu in the Arduino IDE or in the "Documentation" section of the Arduino Pro website [4]

4.5 Online Resources

Now that you have gone through the basics of what you can do with the board you can explore the endless possibilities it provides by checking exciting projects on ProjectHub [5], the Arduino Library Reference [6] and the online store [7] where you will be able to complement your board with sensors, actuators and more

5 Connector Pinouts



Pinout



5.1 JANALOG

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

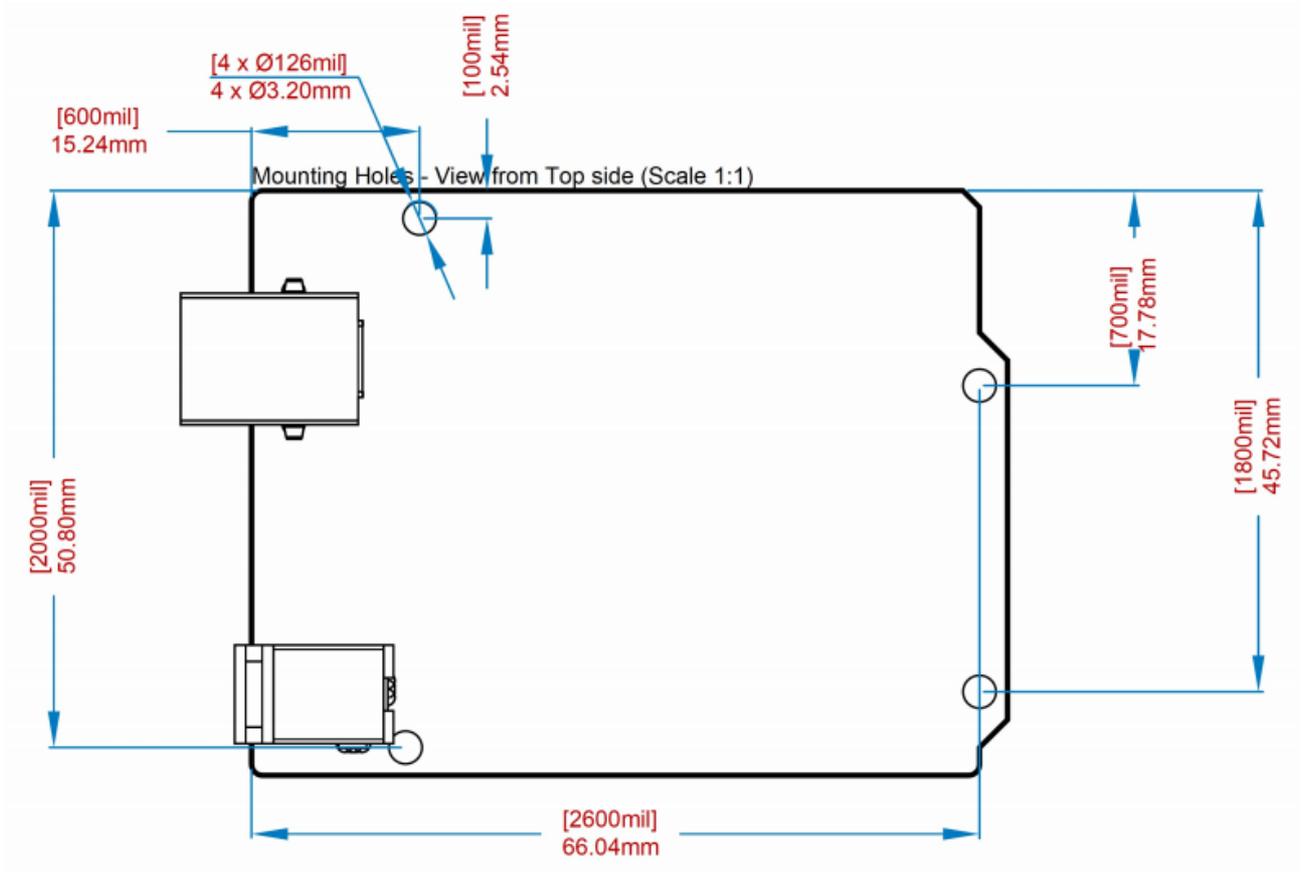
5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)



5.3 Mechanical Information

5.4 Board Outline & Mounting Holes



Board outline



6 Certifications

6.1 Declaration of Conformity CE DoC (EU)

We declare under our sole responsibility that the products above are in conformity with the essential requirements of the following EU Directives and therefore qualify for free movement within markets comprising the European Union (EU) and European Economic Area (EEA).

ROHS 2 Directive 2011/65/EU	
Conforms to:	EN50581:2012
Directive 2014/35/EU. (LVD)	
Conforms to:	EN 60950-1:2006/A11:2009/A1:2010/A12:2011/AC:2011
Directive 2004/40/EC & 2008/46/EC & 2013/35/EU, EMF	
Conforms to:	EN 62311:2008

6.2 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021

Arduino boards are in compliance with RoHS 2 Directive 2011/65/EU of the European Parliament and RoHS 3 Directive 2015/863/EU of the Council of 4 June 2015 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

Substance	Maximum limit (ppm)
Lead (Pb)	1000
Cadmium (Cd)	100
Mercury (Hg)	1000
Hexavalent Chromium (Cr6+)	1000
Poly Brominated Biphenyls (PBB)	1000
Poly Brominated Diphenyl ethers (PBDE)	1000
Bis(2-Ethylhexyl} phthalate (DEHP)	1000
Benzyl butyl phthalate (BBP)	1000
Dibutyl phthalate (DBP)	1000
Diisobutyl phthalate (DIBP)	1000

Exemptions: No exemptions are claimed.

Arduino Boards are fully compliant with the related requirements of European Union Regulation (EC) 1907 /2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH). We declare none of the SVHCs (<https://echa.europa.eu/web/guest/candidate-list-table>), the Candidate List of Substances of Very High Concern for authorization currently released by ECHA, is present in all products (and also package) in quantities totaling in a concentration equal or above 0.1%. To the best of our knowledge, we also declare that our products do not contain any of the substances listed on the "Authorization List" (Annex XIV of the REACH regulations) and Substances of Very High Concern (SVHC) in any significant amounts as specified by the Annex XVII of Candidate list published by ECHA (European Chemical Agency) 1907 /2006/EC.



6.3 Conflict Minerals Declaration

As a global supplier of electronic and electrical components, Arduino is aware of our obligations with regards to laws and regulations regarding Conflict Minerals, specifically the Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act, Section 1502. Arduino does not directly source or process conflict minerals such as Tin, Tantalum, Tungsten, or Gold. Conflict minerals are contained in our products in the form of solder, or as a component in metal alloys. As part of our reasonable due diligence Arduino has contacted component suppliers within our supply chain to verify their continued compliance with the regulations. Based on the information received thus far we declare that our products contain Conflict Minerals sourced from conflict-free areas.

7 FCC Caution

Any Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions:

- (1) This device may not cause harmful interference
- (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

FCC RF Radiation Exposure Statement:

1. This Transmitter must not be co-located or operating in conjunction with any other antenna or transmitter.
2. This equipment complies with RF radiation exposure limits set forth for an uncontrolled environment.
3. This equipment should be installed and operated with minimum distance 20cm between the radiator & your body.

English: User manuals for license-exempt radio apparatus shall contain the following or equivalent notice in a conspicuous location in the user manual or alternatively on the device or both. This device complies with Industry Canada license-exempt RSS standard(s). Operation is subject to the following two conditions:

- (1) this device may not cause interference
- (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

French: Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes :

- (1) l'appareil n' doit pas produire de brouillage
- (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

IC SAR Warning:

English This equipment should be installed and operated with minimum distance 20 cm between the radiator and your body.

French: Lors de l' installation et de l' exploitation de ce dispositif, la distance entre le radiateur et le corps est d' au moins 20 cm.



Important: The operating temperature of the EUT can't exceed 85°C and shouldn't be lower than -40°C.

Hereby, Arduino S.r.l. declares that this product is in compliance with essential requirements and other relevant provisions of Directive 2014/53/EU. This product is allowed to be used in all EU member states.

8 Company Information

Company name	Arduino S.r.l
Company Address	Via Andrea Appiani 25 20900 MONZA Italy

9 Reference Documentation

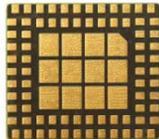
Reference	Link
Arduino IDE (Desktop)	https://www.arduino.cc/en/Main/Software
Arduino IDE (Cloud)	https://create.arduino.cc/editor
Cloud IDE Getting Started	https://create.arduino.cc/projecthub/Arduino_Genuino/getting-started-with-arduino-web-editor-4b3e4a
Arduino Pro Website	https://www.arduino.cc/pro
Project Hub	https://create.arduino.cc/projecthub?by=part&part_id=11332&sort=trending
Library Reference	https://www.arduino.cc/reference/en/
Online Store	https://store.arduino.cc/

10 Revision History

Date	Revision	Changes
xx/06/2021	1	Datasheet release



GSM/GPRS Module



SIM800L

SIM800L is a complete Quad-band GSM/GPRS solution in a LGA type which can be embedded in the customer applications.

SIM800L support Quad-band 850/900/1800/1900MHz, it can transmit Voice, SMS and data information with low power consumption. With tiny size of 15.8*17.8*2.4 mm, it can fit into slim and compact demands of customer design.

Smart Machine Smart Decision

General features

- Quad-band 850/900/1800/1900MHz
- GPRS multi-slot class 12/10
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
 - Class 4 (2 W @ 850/900 MHz)
 - Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- FM: 76~109MHz worldwide bands with 50KHz tuning step
- Dimensions: 15.8*17.8*2.4 mm
- Weight: 1.35g
- Control via AT commands (3GPP TS 27.007, 27.005 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Supply voltage range 3.4 ~ 4.4V
- Low power consumption
- Operation temperature:-40°C ~85°C

Specifications for GPRS Data

- GPRS class 12: max. 85.6 kbps (downlink/uplink)
- PBCCH support
- Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- PPP-stack
- CSD up to 14.4 kbps
- USSD
- Non transparent mode

Specifications for SMS via GSM/GPRS

- Point to point MO and MT
- SMS cell broadcast
- Text and PDU mode

Software features

- 0710 MUX protocol
- Embedded TCP/UDP protocol
- FTP/HTTP
- MMS
- E-MAIL
- DTMF
- Jamming Detection

Specifications for voice

- Tricodec
 - Half rate (HR)
 - Full rate (FR)
 - Enhanced Full rate (EFR)
- AMR
 - Half rate (HR)
 - Full rate (FR)
- Hands-free operation
(Echo suppression)

Interfaces

- 88 LGA pads including:
- Analog audio interface
 - PCM interface
 - RTC backup
 - Serial interface
 - USB interface
 - Interface to external SIM 3V/1.8V
 - Keypad interface
 - GPIO
 - ADC
 - GSM Antenna pad
 - FM Antenna pad

Compatibility

- AT cellular command interface

Certifications(Plan):

- CE
- GCF
- FCC
- ROHS
- REACH

More about SIMCom SIM800L
Please contact:
Tel: 86-21-32523300
Fax: 86-21-32523301
Email: simcom@sim.com
Website: www.sim.com/wm

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope
Stable and long life

Fast response and High sensitivity
Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃,NO_x, alcohol, Benzene, smoke,CO₂,etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

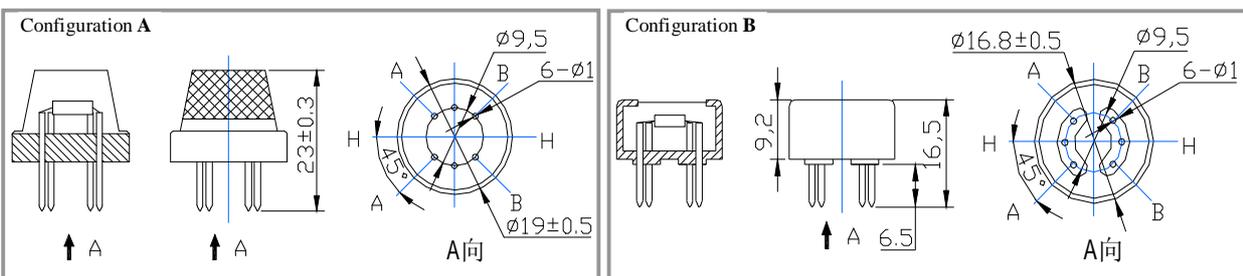
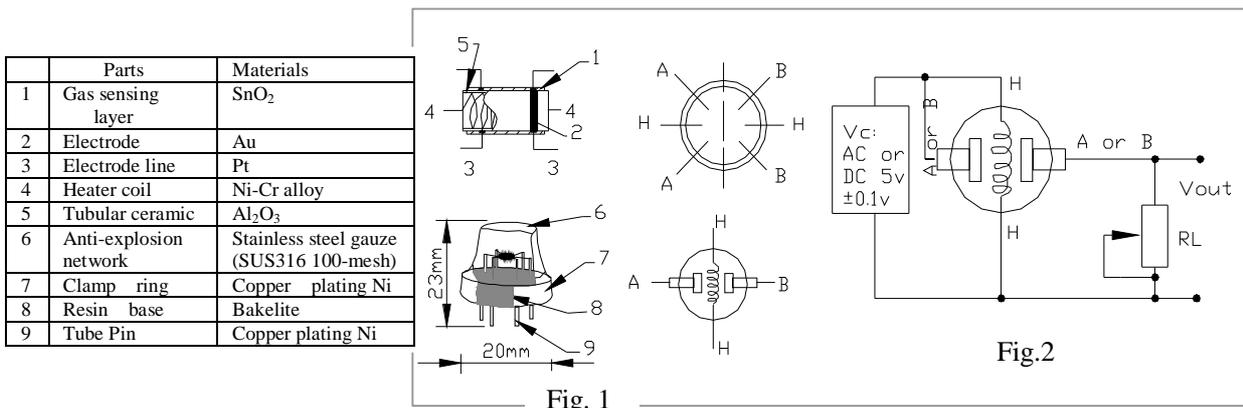
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10℃-45℃	
Tas	Storage Tem	-20℃-70℃	
R _H	Related humidity	less than 95% Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30K Ω -200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65%±5%	V _c :5V±0.1 V _H : 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

sensitive components. The envelope MQ-135 has 6 pins, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

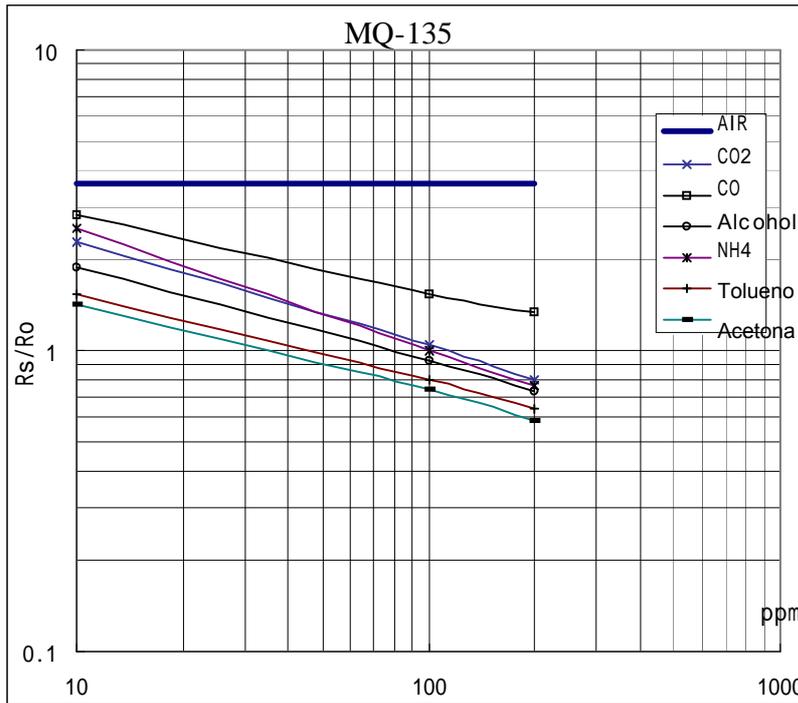


Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases.

in their: Temp: 20°C、
Humidity: 65%、
O₂ concentration 21%
RL=20kΩ

R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air.

R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

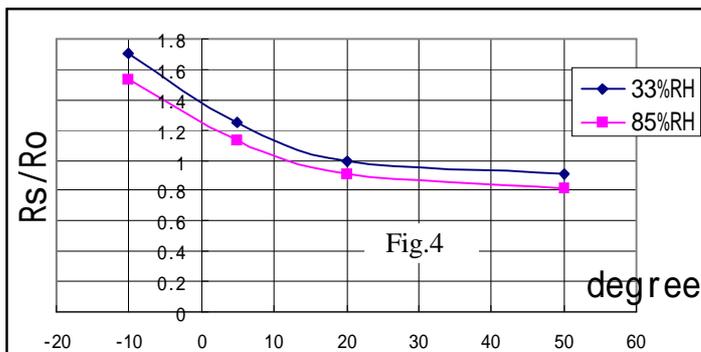


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity.

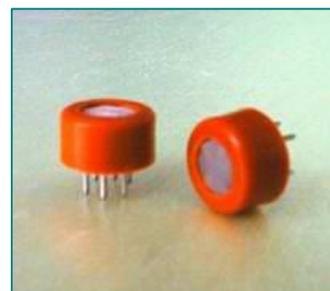
R_o: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree.

R_s: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is different to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 KΩ (10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



Notification

1 Following conditions must be prohibited

1.1 Exposed to organic silicon steam

Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_x , Cl_2 , HCl etc), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or be exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when splattered or dipped in water.

1.5 Freezing

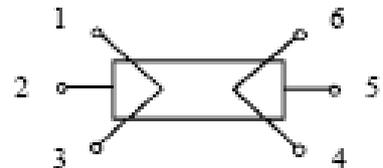
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, if apply voltage on 1、3 pins or 4、6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2、4 pins



2 Following conditions must be avoided

2.1 Water Condensation

Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor' sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, if will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage

The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long aging time for stbility before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc, it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then repture. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage

For sensor, handmade welding is optimal way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

2.7.2 Speed: 1-2 Meter/ Minute

2.7.3 Warm-up temperature: $100\pm 20^{\circ}C$

2.7.4 Welding temperature: $250\pm 10^{\circ}C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

SONGLE RELAY

	<p>RELAY ISO9002</p>	<p>SRD</p>
---	----------------------	-------------------



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

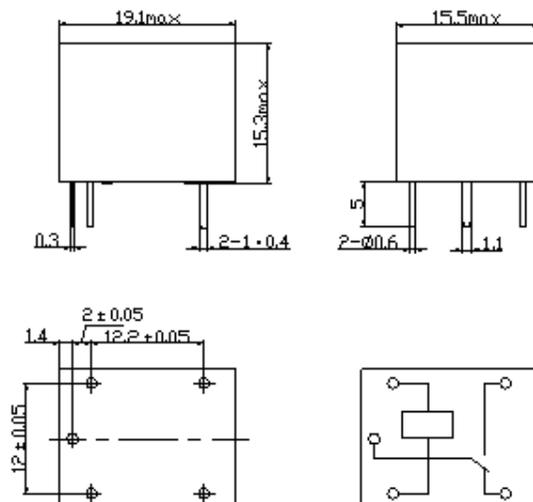
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03、05、06、09、12、24、48VDC	S:Sealed type	L:0.36W	A:1 form A
		F:Flux free type	D:0.45W	B:1 form B C:1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER:CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER:CH0036746-99	10A/250VDC
UL/CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20°C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) $\pm 10\%$	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
	48	48	7.5	6400				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

7. CONTACT RATING

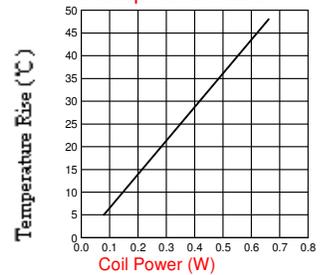
Item	Type	SRD	
		FORM C	FORM A
Contact Capacity Resistive Load ($\cos\Phi=1$)		7A 28VDC 10A 125VAC 7A 240VAC	10A 28VDC 10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\Phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC 3A 28VDC	5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force		800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material		AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

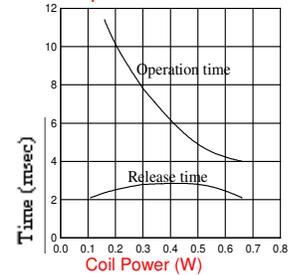
Item	Type	SRD
Contact Resistance		100m Ω Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength		
Between coil & contact		1500VAC 50/60HZ (1 minute)
Between contacts		1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 M Ω Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching		
Mechanically		300 operation/min
Electrically		30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration		
Endurance		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Error Operation		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock		
Endurance		100G Min.
Error Operation		10G Min.
Life Expectancy		
Mechanically		10 ⁷ operations. Min. (no load)
Electrically		10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA

Coil Temperature Rise



Operation Time



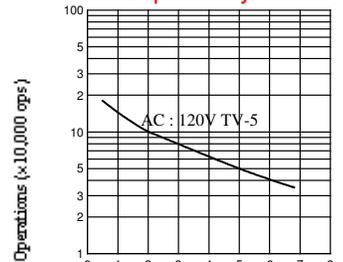
Life Expectancy

AC120V/DC24V $\cos\Phi=1$



Current of Load (A)

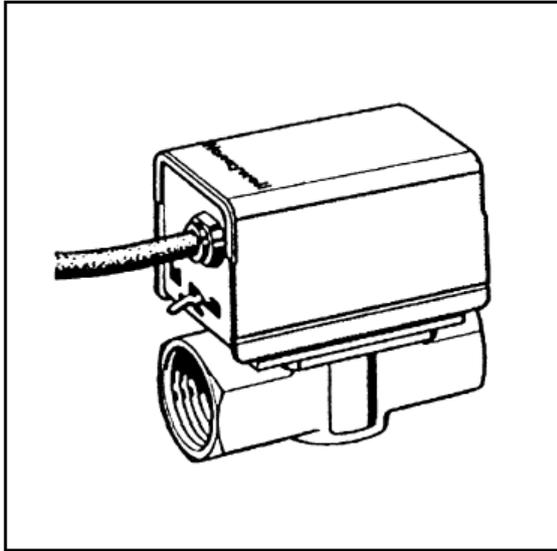
Life Expectancy



Current of Load (A)

Válvulas de zona motorizadas de 2 vías PN 8,6

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



Aplicación

Las válvulas V4043 son válvulas motorizadas de dos vías, eléctricas, normalmente cerradas, para agua.

Están especialmente diseñadas para la regulación de temperatura, conjuntamente con termostatos, en instalaciones de calefacción por zonas y de agua caliente sanitaria. Se emplean también en instalaciones de acondicionamiento de aire por fan-coils de 2 ó 4 tubos.

Incorporan un actuador a 230V, fácilmente desmontable del cuerpo de la válvula por medio de dos tornillos, sin necesidad de vaciar la instalación. Incorporan un interruptor auxiliar especialmente útil en instalaciones de zonificación, para el control de la bomba y/o de un contador. El actuador, con muelle de retorno, cierra la válvula en ausencia de tensión. El motor eléctrico es resistente a altas temperaturas y corrosión.

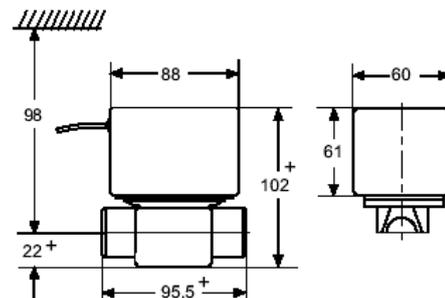
Con el mando AUTO-MAN se puede accionar manualmente el obturador de la válvula, permitiendo la circulación del agua aún en ausencia de tensión. Esta función facilita las operaciones de llenado y vaciado de la instalación.

Se suministran con cable de conexión.

Datos técnicos

Presión estática: 8,6 bar (86 kPa)
 Presión diferencial: ver tabla
 Temperatura del fluido: 5°C - 88°C
 Temperatura ambiente: 50°C máx.
 Diámetro: ver tabla
 Material cuerpo: latón
 Material obturador: esfera de goma (BUNA-N)
 Tensión: 230V, 50Hz
 Potencia: 6 W
 Interruptor auxiliar: 2,2A a 230V/50Hz
 Normas: Directivas Europeas (marcado CE)

Dimensiones máximas

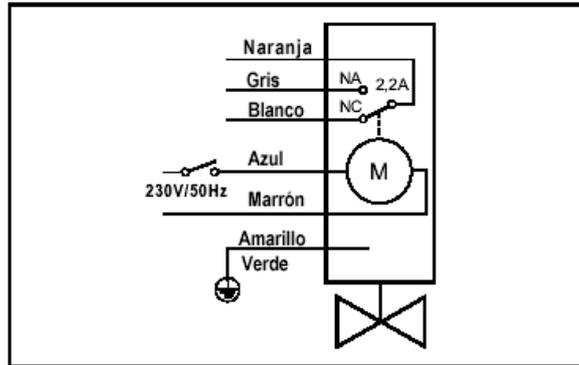


Modelos

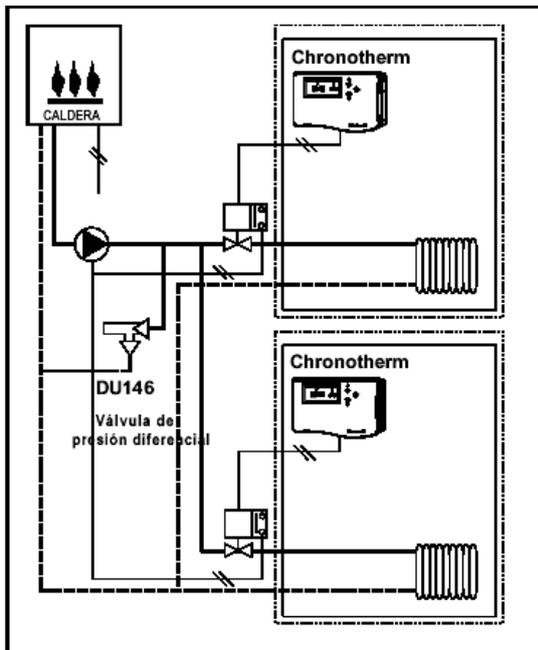
Modelo	Diámetro	Cv(*)	Rosca	ΔP máx [kPa]	Interruptor Auxiliar	Tensión	Cable de conexión
V4043H1130	1/2" BSPP	3,5	Hembra	135	SPDT	230V/50Hz	1m x 6 conductores
V4043H1114	3/4" BSPP	8	Hembra	55	SPDT	230V/50Hz	1m x 6 conductores
V4043H1122	1" BSPP	10	Hembra	45	SPDT	230V/50Hz	1m x 6 conductores

(*) Cv = Coeficiente de caudal (galones americanos por minuto); $Kv = Cv \cdot 0,857 = (m^3/h$ con variación de presión de 1 bar)

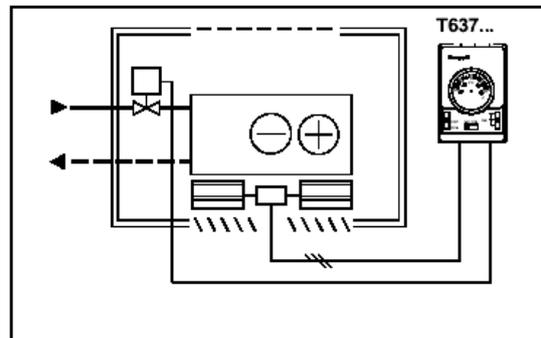
Esquema eléctrico



V4043H - Esquema de conexionado



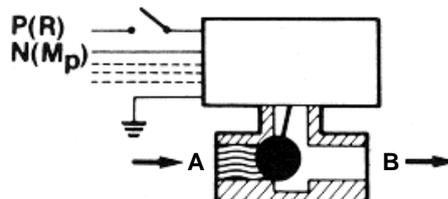
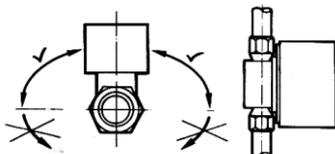
V4043H - Aplicación como válvula de zona



V4043H - Aplicación como válvula de fan-coil

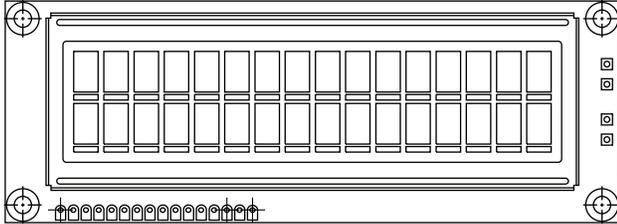
La instalación eléctrica debe realizarse conforme a las Normativas CEI y UE vigentes

Instalación



Honeywell S.L.
 Josefa Valcárcel, 24
 28027 Madrid
 Teléfono: 91 313 62 72
 Fax: 91 313 61 29
<http://products.ecc.emea.honeywell.com/spain>
www.honeywell.es/home

16 x 2 Character LCD



FEATURES

- Type: Character
- Display format: 16 x 2 characters
- Built-in controller: ST 7066 (or equivalent)
- Duty cycle: 1/16
- 5 x 8 dots includes cursor
- + 5 V power supply (also available for + 3 V)
- LED can be driven by pin 1, pin 2, pin 15, pin 16 or A and K
- N.V. optional for + 3 V power supply
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912


RoHS
COMPLIANT

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	122.0 x 44.0	mm
Viewing Area	99.0 x 24.0	
Dot Size	0.92 x 1.10	
Dot Pitch	0.98 x 1.16	
Mounting Hole	115.0 x 37.0	
Character Size	4.84 x 9.66	

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	V_{DD} to V_{SS}	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	V_I	- 0.3	-	V_{DD}	

Note

- $V_{SS} = 0\text{ V}$, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	V_{DD}	$V_{DD} = + 5\text{ V}$	4.7	5.0	5.3	V
Supply Current	I_{DD}	$V_{DD} = + 5\text{ V}$	-	1.6	1.5	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temperature Version Module	V_{DD} to V_0	- 20 °C	-	-	5.2	V
		0 °C	-	-	4.5	
		25 °C	4.2	4.2	-	
		50 °C	3.8	-	-	
		70 °C	3.5	-	-	
LED Forward Voltage	V_F	25 °C	-	4.2	4.6	V
LED Forward Current - Array	I_F	25 °C	-	260	520	mA
EL Power Supply Current	I_{EL}	$V_{EL} = 110\text{ V}_{AC}$, 400 Hz	-	-	5.0	mA

OPTIONS									
PROCESS COLOR						BACKLIGHT			
TN	STN Gray	STN Yellow	STN Blue	FSTN B&W	STN Color	None	LED	EL	CCFL
x	x	x	x	x		x	x	x	

For detailed information, please see the "Product Numbering System" document.

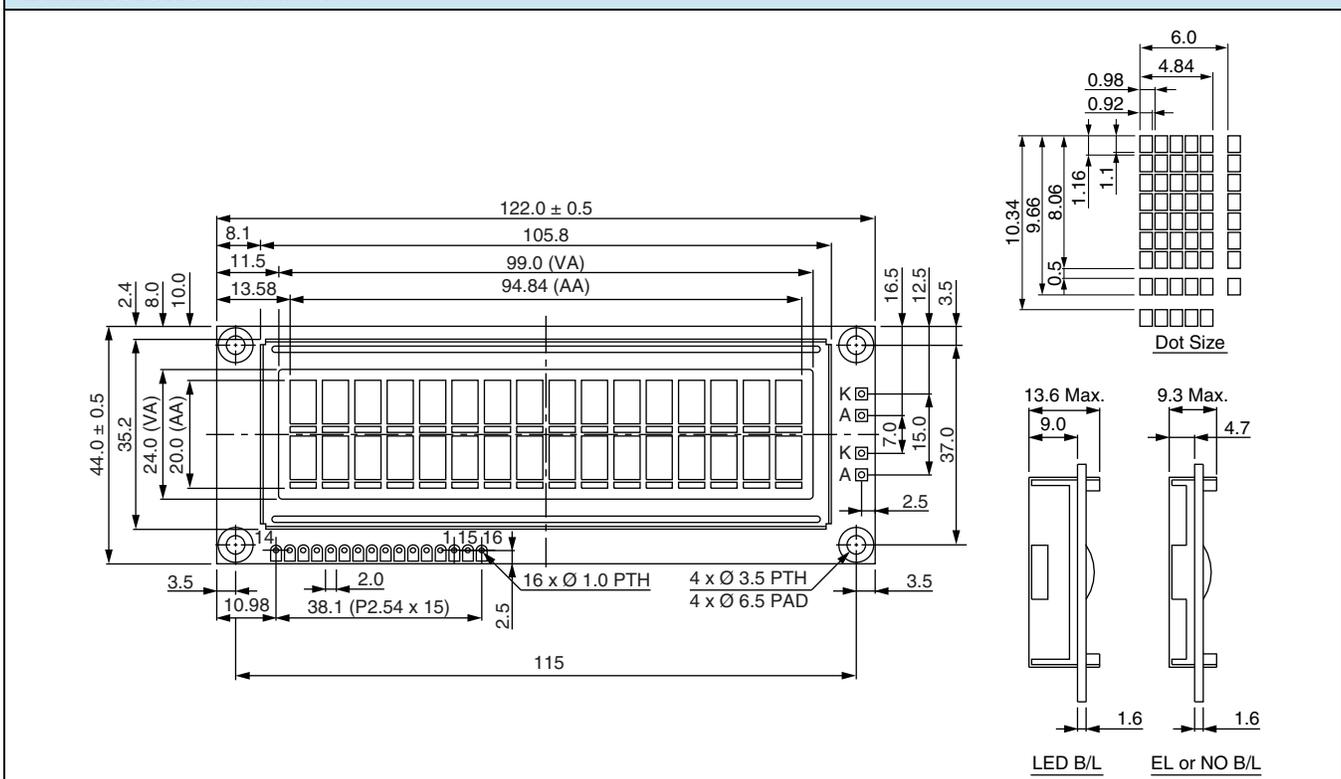
DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE

Display Position

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DD RAM Address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

INTERFACE PIN FUNCTION

PIN NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	V_{SS}	Ground
2	V_{DD}	+ 3 V or + 5 V
3	V_0	Contrast adjustment
4	RS	H/L register select signal
5	R/\bar{W}	H/L read/write signal
6	E	H → L enable signal
7	DB0	H/L data bus line
8	DB1	H/L data bus line
9	DB2	H/L data bus line
10	DB3	H/L data bus line
11	DB4	H/L data bus line
12	DB5	H/L data bus line
13	DB6	H/L data bus line
14	DB7	H/L data bus line
15	A/V_{EE}	+ 4.2 V for LED ($R_A = 0 \Omega$)/negative voltage output
16	K	Power supply for B/L (0 V)

DIMENSIONS in millimeters




Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and / or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Hyperlinks included in this datasheet may direct users to third-party websites. These links are provided as a convenience and for informational purposes only. Inclusion of these hyperlinks does not constitute an endorsement or an approval by Vishay of any of the products, services or opinions of the corporation, organization or individual associated with the third-party website. Vishay disclaims any and all liability and bears no responsibility for the accuracy, legality or content of the third-party website or for that of subsequent links.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

HC-SR501 PIR MOTION DETECTOR

Product Description

HC-SR501 is based on infrared technology, automatic control module, using Germany imported LHI778 probe design, high sensitivity, high reliability, ultra-low-voltage operating mode, widely used in various auto-sensing electrical equipment, especially for battery-powered automatic controlled products.

Specification:

- Voltage: 5V – 20V
- Power Consumption: 65mA
- TTL output: 3.3V, 0V
- Delay time: Adjustable (.3->5min)
- Lock time: 0.2 sec
- Trigger methods: L – disable repeat trigger, H enable repeat trigger
- Sensing range: less than 120 degree, within 7 meters
- Temperature: – 15 ~ +70
- Dimension: 32*24 mm, distance between screw 28mm, M2, Lens dimension in diameter: 23mm

Application:

Automatically sensing light for Floor, bathroom, basement, porch, warehouse, Garage, etc, ventilator, alarm, etc.

Features:

- Automatic induction: to enter the sensing range of the output is high, the person leaves the sensing range of the automatic delay off high, output low.
- Photosensitive control (optional, not factory-set) can be set photosensitive control, day or light intensity without induction.
- Temperature compensation (optional, factory reset): In the summer when the ambient temperature rises to 30 ° C to 32 ° C, the detection distance is slightly shorter, temperature compensation can be used for performance compensation.
- Triggered in two ways: (jumper selectable)
 - non-repeatable trigger: the sensor output high, the delay time is over, the output is automatically changed from high level to low level;
 - repeatable trigger: the sensor output high, the delay period, if there is human activity in its sensing range, the output will always remain high until the people left after the delay will be high level goes low (sensor module detects a time delay period will be automatically extended every human activity, and the starting point for the delay time to the last event of the time).
- With induction blocking time (the default setting: 2.5s blocked time): sensor module after each sensor output (high into low), followed by a blockade set period of time, during this time period sensor does not accept any sensor signal. This feature can be achieved sensor output time "and" blocking time "interval between the work can be applied to interval detection products; This function can inhibit a variety of interference in the process of load switching. (This time can be set at zero seconds – a few tens of seconds).
- Wide operating voltage range: default voltage DC4.5V-20V.
- Micropower consumption: static current <50 microamps, particularly suitable for battery-powered automatic control products.
- Output high signal: easy to achieve docking with the various types of circuit.

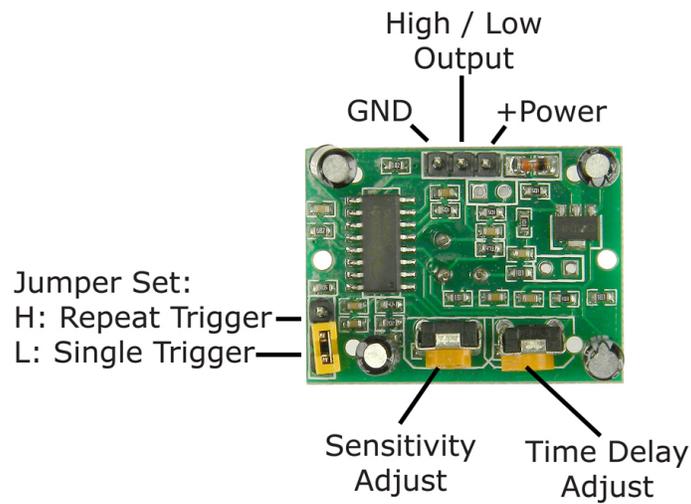
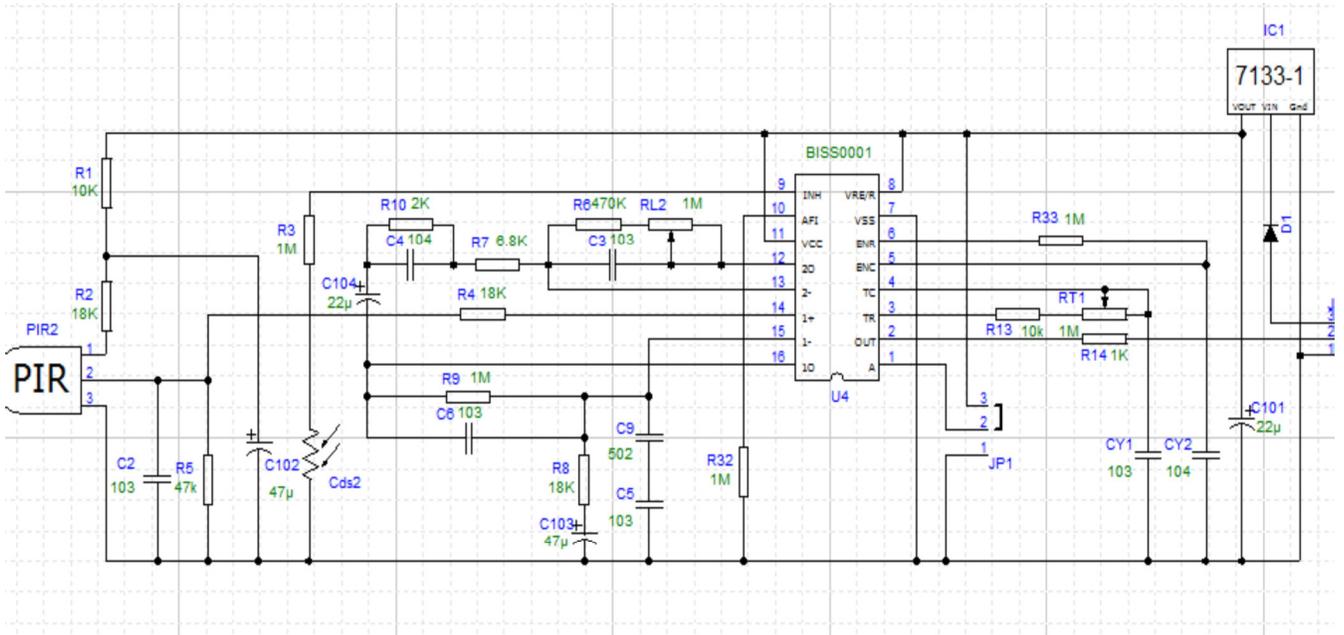
Adjustment:

- Adjust the distance potentiometer clockwise rotation, increased sensing distance (about 7 meters), on the contrary, the sensing distance decreases (about 3 meters).
- Adjust the delay potentiometer clockwise rotation sensor the delay lengthened (300S), on the contrary, shorten the induction delay (5S).

Instructions for use:

- Sensor module is powered up after a minute, in this initialization time intervals during this module will output 0-3 times, a minute later enters the standby state.
- Should try to avoid the lights and other sources of interference close direct module surface of the lens, in order to avoid the introduction of interference signal malfunction; environment should avoid the wind flow, the wind will cause interference on the sensor.
- Sensor module with dual probe, the probe window is rectangular, dual (A B) in both ends of the longitudinal direction
 - so when the human body from left to right or right to left through the infrared spectrum to reach dual time, distance difference, the greater the difference, the more sensitive the sensor,
 - when the human body from the front to the probe or from top to bottom or from bottom to top on the direction traveled, double detects changes in the distance of less than infrared spectroscopy, no difference value the sensor insensitive or does not work;
- The dual direction of sensor should be installed parallel as far as possible in inline with human movement. In order to increase the sensor angle range, the module using a circular lens also makes the probe surrounded induction, but the left and right sides still up and down in both directions sensing range, sensitivity, still need to try to install the above requirements.

HC-SR501 PIR MOTION DETECTOR



-
- 1 working voltage range :DC 4.5-20V
 - 2 Quiescent Current :50uA
 - 3 high output level 3.3 V / Low 0V
 4. Trigger L trigger can not be repeated / H repeated trigger
 5. circuit board dimensions :32 * 24 mm
 6. maximum 110 ° angle sensor
 7. 7 m maximum sensing distance

Product Type	HC--SR501 Body Sensor Module
Operating Voltage Range	5-20VDC
Quiescent Current	<50uA
Level output	High 3.3 V /Low 0V
Trigger	L can not be repeated trigger/H can be repeated trigger(Default repeated trigger)
Delay time	5-300S(adjustable) Range (approximately .3Sec -5Min)
Block time	2.5S(default)Can be made a range(0.xx to tens of seconds
Board Dimensions	32mm*24mm
Angle Sensor	<110 ° cone angle
Operation Temp.	-15-+70 degrees
Lens size sensor	Diameter:23mm(Default)

Application scope

- Security products
- Body induction toys
- Body induction lamps
- Industrial automation control etc

Pyroelectric infrared switch is a passive infrared switch which consists of BISS0001 ,pyroelectric infrared sensors and a few external components. It can at open all kinds of equipments, including incandescent lamp, fluorescent lamp, intercom, automatic, electric fan, dryer and automatic washing machine, etc. It is widely used in enterprises, hotels, stores, and corridor and other sensitive area for automatical lamplight, lighting and alarm system.

Instructions

Induction module needs a minute or so to initialize. During initializing time, it will output 0-3 times. One minute later it comes into standby.

Keep the surface of the lens from close lighting source and wind, which will introduce interference.

Induction module has double -probe whose window is rectangle. The two sub-probe (A and B) is located at the two ends of rectangle. When human body r to right, or from right to left, Time for IR to reach to reach the two sub-probes differs.The lager the time difference is, the more sensitive this module is. Wh body moves face-to probe, or up to down, or down to up, there is no time difference. So it does not work. So instal the module in the direction in which mos activities behaves, to guarantee the induction of human by dual sub-probes. In order to increase the induction range, this module uses round lens which ca from all direction. However, induction from right or left is more sensitivity than from up or down.