



Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática

Trabajo de Diploma

En opción al título de
Ingeniero en Automática.

Título: Diseño e implementación de un sistema de control
domótico utilizando la plataforma Arduino.

Autor: Alejandro Pozo Pérez.

Tutor: Msc José Ricardo Núñez Álvarez.

Santiago de Cuba, 2016

"Año 58 de la Revolución"

PENSAMIENTO

“La sabiduría es un adorno en la prosperidad y un refugio en la adversidad.”

Aristóteles

“El éxito es fácil de obtener, lo difícil es merecerlo.”

CAMUS

DEDICATORIA

A mis padres, Reina y Eduardo, por su apoyo siempre en mi etapa estudiantil, por sus consejos oportunos y por su ahínco en mi formación profesional.

A mi tutor, Msc José Ricardo Núñez Álvarez, que sin él no hubiese sido posible la realización con éxito de este trabajo.

A mi hermana Yanet y mi novia Jenny por su apoyo incondicional en mi vida.

A mis familiares y amigos por estar siempre en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que, de una forma u otra, han contribuido en mi formación como profesional y la realización de este trabajo, en especial:

A mis padres, porque gracias a ellos hoy soy lo que soy, aunque a veces les he dado dolores de cabeza, nunca dejaron de confiar en mí, gracias por todo el apoyo y el amor que siempre me han brindado.

A mi tutor, José Ricardo Núñez Álvarez, por brindarme todo el material necesario para la realización de este trabajo, por sus consejos y correcciones.

A mi primo Juanca por siempre preocuparse y ayudarme en la ejecución del trabajo, por todas las cosas que “desbarató” para que la implementación del sistema de control domótico sea un éxito.

A mi hermana Yanet por ser mi segunda madre, con la que siempre puedo contar.

A mi novia Jenny por ser esa persona que ha sabido mantenerse a mi lado en todo momento, brindándome su apoyo.

A mis abuelos, mi familia de Boniato, de Micro 9, de Padre Pico, de calle K, a todos en general, por el apoyo que me han brindado en la realización de este trabajo.

A Víctor y Oscar por todos los consejos y ayuda que me han proporcionado en la aplicación de la electrónica.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Automática por haber contribuido con sus lecciones en mi formación como profesional

A mis compañeros de lucha, Orleans, Rubén y Alain, por todas las batallas que hemos pasado juntos en estos cinco años de universidad, por siempre estar ahí cuando los he necesitado.

A TODOS, MUCHAS GRACIAS...

RESUMEN

En este trabajo se realiza el diseño y la implementación de un sistema de control domótico utilizando la plataforma Arduino. Además se caracterizan los sistemas domóticos, se estudian y analizan las diferentes arquitecturas y topologías de las redes de comunicación y se describe la plataforma Arduino. También se realiza la descripción del sistema de control domótico que será implementado, el cual, para una mejor comprensión, se divide en seis lazos de control: temperatura, nivel, humedad del suelo, intensidad lumínica exterior e interior y gas. En cada uno de los lazos se detallan los objetivos que se persiguen con su instalación, la descripción de estos, así como su esquema eléctrico.

Con el diseño y la implementación del sistema de control domótico utilizando la plataforma de Arduino, se pueden aumentar y modernizar las prácticas de laboratorios de la carrera de Ingeniería Automática, aumentando la motivación de los estudiantes por estas.

ABSTRACT

In this work the design and implementation of a system of home automation control is performed using the Arduino platform. Besides home automation systems are characterized, study and analyze the different architectures and topology of communication networks and describe the Arduino platform. temperature, level, soil moisture, light intensity outside and inside and gas: description of home automation control system to be implemented, which is divided into six control loops for a better understanding of it is also performed. In each of the ties the objectives pursued with the installation, its description and its detailed wiring diagram.

With the design and implementation of home automation control system using the Arduino platform, they can increase and modernize laboratory practice career Automatic Engineering, increasing student motivation for these.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA DOMÓTICA Y LA PLATAFORMA	6
ARDUINO.....	6
Introducción.	6
1.1. Caracterización de los sistemas domóticos.....	6
1.1.1. Vivienda domótica.....	7
1.1.1.1. Gestión de la energía.....	7
1.1.1.2. Gestión del confort.	9
1.1.1.3. Gestión de la seguridad.....	10
1.2. Arquitectura de las redes.	11
1.2.1. Topologías de las redes.....	15
1.3. Caracterización de la plataforma Arduino.	17
1.3.1. Estructura del hardware de Arduino UNO.	19
1.3.2. Escudo Base Grove CyL V1.3.	20
1.4. Sensores.....	22
1.4.1. Sensores fotoeléctricos.....	22
1.4.2. Sensores de temperatura.	25
1.4.3. Sensores de humedad del suelo.	27
1.4.4. Sensores de nivel.	28
1.4.5. Sensores de movimiento.	30
1.4.6. Sensores de gas.	31
1.5. Actuadores.	32
1.5.1. Relés.	33
1.5.2. Pantalla de Cristal Líquido (LCD).....	35
Conclusiones parciales.	35
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE	36
CONTROL DOMÓTICO.....	36
Introducción.	36
2.1. Desarrollo del sistema de control domótico.	36
2.1.1. Control de nivel.	37
2.1.2. Control de humedad del suelo.....	39
2.1.3. Control de temperatura.	42
2.1.4. Control de intensidad lumínica interior.	45
2.1.5. Control de intensidad lumínica exterior.	48
2.1.6. Control de gas.	50
2.2. Valoración económica y medioambiental.....	52
Conclusiones parciales.	55
CONCLUSIONES GENERALES.....	56
RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS.....	60

INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la humanidad, la evolución del hombre se ha visto condicionada por la necesidad de mejorar su calidad de vida. Con el transcurso de los años, diversas revoluciones industriales han propiciado el desarrollo de nuevas tecnologías y por tanto, mayor bienestar para el hombre.

El sector de las telecomunicaciones, la informática y la automática también han presentado importantes logros y avances. En las dos últimas décadas, se ha venido desarrollando con mucha fuerza una línea de trabajo, cuyo objetivo radica en centralizar órdenes y funciones, con el fin de evitar tareas repetitivas e incómodas y, en dependencia del alcance que se quiere lograr, se le denomina a esta nueva invención: Domótica, Inmótica o Urbótica.

Domótica es un término que se utiliza para denominar la parte de la tecnología que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un espacio habitable. De aquí se pueden desprender otros términos que hacen referencia al entorno inteligente: “Inmótica” y “Urbótica” que aunque están relacionados entre sí por medio de los procesos automáticos, su campo de acción y aplicación son diferentes. Normalmente el concepto de Inmótica se aplica al ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos y edificios industriales, mientras que la Urbótica se refiere a la automatización de complejos urbanos como unidades residenciales, campus universitarios, grandes centros comerciales, barrios o sectores e incluso ciudades completas [8].

La Domótica se podría definir más técnicamente como el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort y comunicación entre el usuario y el sistema. Para poder conseguir las funciones comentadas anteriormente, es necesario que los sistemas recojan la información de su entorno con sensores y dispongan de la lógica para actuar en consecuencia utilizando actuadores [11].

Estados Unidos y Japón fueron los países pioneros en dar una noción de un edificio o inmueble inteligente, en el año 1977, bajando la influencia de factores

tecnológicos y económicos. Desde este año se realizan estudios y análisis sobre el impacto que tiene la automatización en la sociedad y la rentabilidad que podían generar sus ideas en un período de baja productividad en el sector industrial.

La automatización de las tareas del hogar es un tema muy actual, pues una vez que se desarrollan, implementan y utilizan, permite a los usuarios mayor comodidad, seguridad y ahorro de energía. Inicialmente el control de los aparatos se hacía enviando señales a través de la red eléctrica; luego evolucionó la forma de comunicación y control de los procesos domésticos hasta utilizar emisores y receptores más avanzados, que reciben la señal y la transforman en la acción determinada [8].

Actualmente, los sistemas domóticos de alta complejidad tienen un precio muy elevado de instalación, por lo cual hasta hoy, solo es posible encontrarlos en casas de lujo; pero es un hecho que en el futuro próximo estarán instalados en cualquier vivienda. Una alternativa más económica que los métodos tradicionales consiste en la utilización de las placas Arduino [11].

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Está orientada a personas con perfiles creativos, con o sin experiencia previa en temas de hardware y software, interesadas en desarrollar proyectos electrónicos de forma fácil e intuitiva, apoyados mayormente en los set de herramientas Grove [19].

Arduino se inició en el año 2005 como un proyecto para estudiantes en el Instituto IVREA, en Ivrea (Italia). En ese tiempo, los estudiantes usaban el microcontrolador *BASIC Stamp*, cuyo costo era de 100 USD, lo que se consideraba demasiado costoso para ellos.

Massimo Banzi, uno de los fundadores de Arduino, daba clases en Ivrea. Posteriormente, el profesor Tom Igoe, que había trabajado en computación física, se incorporó al equipo al conocer del proyecto por Internet. Él ofreció su apoyo para desarrollar este a gran escala.

En la feria *Maker Fair* del 2011, se presentó la primera placa Arduino para trabajar tareas más complejas, entre ellas la impresora en 3D de *Maker Bot* capaz de imprimir en resina cualquier modelo en 3D. Debido a sus grandes facilidades y múltiples ventajas, en la actualidad se han desarrollado diferentes tipos de Arduino con diversas funcionalidades y prestaciones [5].

Grove es un set de herramientas electrónicas modulares listas para ser usadas. Su función principal es simplificar la tarea de trabajar con componentes electrónicos sin soldaduras ni errores de conexión posibles, facilitando al mismo tiempo el proceso de aprendizaje de manera significativa. Los módulos Grove varían desde un simple botón hasta sensores complejos, cada uno acompañado de su propia documentación y ejemplos de aplicación.

Arduino y Grove, trabajando en conjunto, simplifican el proceso de desarrollo de prototipos y proyectos electrónicos desde su concepción hasta su implementación final. Ambas son herramientas de hardware libre lo cual estimula y acelera el aprendizaje, poniéndonos a las puertas de la comunidad mundial de desarrolladores de tecnologías abiertas [9].

Nuestro país no ha estado ajeno a estos avances tecnológicos de la Ciencia y la Técnica y realiza arduos trabajos para lograr el desarrollo y la implementación de sistemas domóticos e inmóticos. Uno de estos esfuerzos está dirigido a lograr profesionales de perfil amplio, que sean competentes y que posean una sólida formación en el campo de la electrónica, la informática y la automática.

En la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Oriente, en Santiago de Cuba, se estudia la carrera de Ingeniería Automática. En el proceso docente educativo de esta especialidad, las prácticas de laboratorios desempeñan un papel fundamental y su objetivo principal es desarrollar habilidades profesionales en los educandos. Los estudiantes pertenecientes a esta carrera, aun muestran insuficiente interés por la realización de dichas prácticas y en ocasiones, no logran comprender la importancia que tienen en su formación como futuros ingenieros automáticos.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, se define como **problema de la investigación**: la carencia de prácticas de laboratorio que demuestren la importancia del desarrollo de la Domótica como rama de la Ciencia y la Técnica.

El **objeto de la investigación** lo constituye el sistema de control domótico para el desarrollo de prácticas de laboratorio. De ahí que se precise como **campo de acción** el desarrollo del sistema utilizando la plataforma Arduino.

El **objetivo de la investigación** está dado en diseñar e implementar un sistema de control domótico utilizando las placas Arduino y otros dispositivos, como sensores, actuadores y visualizadores.

Como **hipótesis de la investigación** se plantea que si se diseña e implementa un sistema de control domótico utilizando la plataforma Arduino, se podría aumentar la motivación de los estudiantes en el estudio de la Domótica como rama de la Ciencia y la Técnica y, se lograría la adquisición de mayores habilidades profesionales referente a este tema.

Para el cumplimiento del objetivo propuesto se han asumido las siguientes **tareas de investigación**:

1. Describir y caracterizar los elementos a tener en cuenta para la aplicación de la Domótica.
2. Caracterizar la plataforma Arduino y el set de herramientas Grove.
3. Diseñar e implementar el sistema de control domótico.

Estas tareas han sido desarrolladas utilizando como base las siguientes **Técnicas y métodos de investigación**:

1. Análisis de documentos. Para realizar la consulta de bibliografía de diferentes autores que trabajan la temática.
2. Método histórico-lógico. Para realizar un análisis histórico sobre la evolución de la Domótica y los avances de la plataforma Arduino.
3. Método de análisis-síntesis. Para analizar las diferentes fuentes sobre el diseño y la implementación de sistemas de control domótico utilizando la placa Arduino UNO.

Aporte de la investigación:

Con el diseño y la implementación de un sistema de control domótico utilizando la placa Arduino UNO, los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automática podrán contar con los materiales, componentes y circuitos necesarios para desarrollar e implementar proyectos de ingeniería relacionados con la Domótica.

Significación práctica de la investigación:

Al diseñar e implementar un sistema de control domótico utilizando la placa Arduino UNO, se logra mayor adquisición de habilidades por parte de los futuros egresados, aumentando la motivación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además se fomentan las bases para el posible desarrollo de proyectos relacionados con esta temática.

Organización del Trabajo:

Este trabajo se encuentra organizado de la siguiente forma: una introducción general, dos capítulos con sus introducciones y conclusiones parciales, las conclusiones generales, recomendaciones, bibliografías y sus anexos correspondientes.

En el Capítulo I se presenta el estudio teórico del trabajo de curso. Se realiza la caracterización de los sistemas domóticos, se analizan las arquitecturas y topologías de las redes de comunicación, se describe la plataforma Arduino, en particular la placa Arduino UNO y se seleccionan los dispositivos que se utilizarán para la confección del sistema de control domótico.

En el Capítulo II se diseña e implementa el sistema de control domótico utilizando la placa Arduino UNO y los componentes del set de herramientas Grove.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA DOMÓTICA Y LA PLATAFORMA ARDUINO.

Introducción.

En este capítulo se realiza la caracterización de los sistemas domóticos, profundizando en los servicios en una vivienda, dígase gestión de la energía eléctrica, del confort y la seguridad. Además se estudian y analizan las diferentes arquitecturas de las redes de comunicación, así como las topologías de estas. También se describe la plataforma Arduino, analizando la estructura de la placa Arduino UNO y el Escudo Base Grove CyL V1.3, utilizado para simplificar los circuitos electrónicos que se pretenden implementar. Por último, se analizan los diferentes sensores y actuadores de cada variable a controlar en el sistema y se realiza la selección de cada uno de ellos.

1.1. Caracterización de los sistemas domóticos.

En los sistemas domóticos se presenta una característica fundamental: la comunicación entre los diferentes dispositivos que lo componen, aunque solo actúen los dispositivos a los cuales se dirigen las órdenes o señales.

Para el funcionamiento adecuado de los sistemas utilizados en Domótica e Inmótica, se deben tener en cuenta otros aspectos importantes como: la simplicidad y facilidad en la utilización, el diseño modular, la flexibilidad, la integridad y por supuesto el costo moderado [8].

- **Simplicidad y facilidad.** El sistema de control debe estar adecuado al usuario final. La interfaz de usuario debe ser sencilla e intuitiva para posibilitar el aumento del confort.
- **Diseño modular.** La estructura del soporte físico de la instalación estará adecuada al tipo de edificación para evitar fallos que puedan afectar a la construcción; además el diseño debe permitir la fácil ampliación de nuevos servicios para complacer las necesidades reales del usuario.
- **Flexibilidad y costos moderados.** Debe tener prevista las posibles ampliaciones y modificaciones futuras, racionalizando el costo y el esfuerzo requerido.

- **Integridad.** Los diferentes subsistemas deben estar integrados y tener la capacidad de comunicarse con otras áreas de gestión de la edificación, permitiendo el intercambio de información y la ejecución de los procesos requeridos.

1.1.1. Vivienda domótica.

Las instalaciones modernas requieren nuevos conceptos y exigencias que pueden ser caracterizadas por servicios como el confort, la seguridad, el ahorro de energía, las telecomunicaciones y los niveles mínimos de equipamiento, etc.

Los tres componentes fundamentales de una vivienda domótica son: sensores, controladores y actuadores. La secuencia básica de funcionamiento sería la siguiente: los sensores captan la información, datos de las magnitudes del hogar que son enviadas a los controladores, éstos en función de los valores de esas magnitudes deciden si es necesaria o no una actuación; en caso positivo, se envía la orden a los actuadores que activan el funcionamiento del dispositivo correspondiente de la vivienda.

En la aplicación de un sistema domótico existen necesidades que el usuario final debe tener en cuenta en el momento de la instalación. Los servicios o aplicaciones pueden abarcar también áreas de entretenimiento y ayuda a discapacitados. En este último campo se hacen indispensables los sistemas de seguridad y monitoreo, así como el confort en los sistemas de control para llevar a cabo las órdenes por medio de interfaces humanas inalámbricas y evitar el desplazamiento dentro de un hogar [8].

A continuación se explican algunos de estos servicios y los restantes se exponen en el anexo 1 [16].

1.1.1.1. Gestión de la energía.

A la hora de instalar un sistema domótico se debe tener en cuenta el ahorro energético, para demostrar así cuanto se puede economizar en los gastos de energía y la rentabilidad que tendrá el sistema.

La Domótica en este campo se encarga de hacer un uso más efectivo de la energía eléctrica mediante dispositivos temporizadores, sensores y elementos programables.

Con el fin de realizar un buen desarrollo en la gestión energética se realiza una programación que tiene distintas etapas: regular los diferentes equipos, programar su uso y mejorar sus tareas.

Dentro de las funciones que desempeña la gestión de la energía eléctrica se pueden distinguir aspectos relacionados con eventos programables, regulables y optimizables, de modo que garanticen la integración de todos los dispositivos de la vivienda en el sistema y permitan acciones como [16]:

- Racionalización de cargas eléctricas por medio de dispositivos que permitan la conexión o desconexión selectiva de equipos en función del consumo eléctrico, evitando que se interrumpa el suministro de energía por actuación de las protecciones.
- Iluminación zonificada con detectores de presencia o en función de la luz natural mediante interruptores crepusculares.
- Ahorro de energía por medio de acumuladores de carga o la puesta en marcha de ciertos equipos en horas de tarifa reducida.
- Climatización programada y zonificada en cuanto a la ambientación interior y exterior, ocupación de los espacios, estados de las ventanas o de otros criterios a determinar.
- Manejo de curvas de demandas para proporcionar información acerca de consumos y costos de las distintas tarifas de agua, gas y electricidad, indicando los cambios en el cobro de los servicios públicos.
- Conexión y desconexión de equipos por presencia o de manera temporizada.
- Regulación de temperaturas por zonas.
- Desconexión automática de distintos recursos que no estén siendo utilizados.

1.1.1.2. Gestión del confort.

Tomando como punto de partida la automatización de hogares, la gestión del confort desempeña el papel de brindar bienestar, tranquilidad y comodidad a los seres humanos.

Se trata de mejorar la calidad de vida dentro de un ambiente domótico, automatizando tareas como: climatización, iluminación, control hidráulico, control de acceso y persianas. También se pueden incluir los modernos sistemas de entretenimiento y todo aquello que contribuya al bienestar y a la comodidad de las personas que utilicen las instalaciones.

La comodidad ofrecida por la automatización de los procesos cotidianos cada vez se vuelve más completa ofreciendo una variedad de servicios. Ejemplos de esta aplicación son [16]:

- Mando a distancia.
- Regulación de condiciones ambientales por zonas.
- Activación automática por presencia, control remoto.
- Utilización de paneles informativos y de gestión.
- Posibilidad de reprogramar de forma fácil en función del cambio de necesidades.
- Atención especial a personas mayores o discapacitadas.

Las funciones correspondientes a la gestión del confort son:

- Encendido y apagado general de la iluminación de la vivienda y en puntos específicos con detección de presencia o mandos inalámbricos.
- Supervisión automatizada y centralizada de cualquier dispositivo electrónico.
- Control de la climatización hidrorregulable que permita una mayor ventilación a mayor humedad.
- Accionamiento automático de toldos, persianas y sistema de regadío.

1.1.1.3. Gestión de la seguridad.

Los sistemas de seguridad y vigilancia en la actualidad se encuentran individualizados o no conformados íntegramente en una configuración domótica, pero debido a su gran desarrollo e implantación, se consideran de gran importancia, especialmente si se encuentran integrados en una vivienda automatizada en la que se pueden destacar algunos campos controlados por distintos sistemas.

Existen tres factores que se debe tener en cuenta para garantizar la seguridad total de una instalación domótica: la seguridad del personal, del patrimonio y la relacionada con los eventos de emergencia. A continuación se detallan las características de cada uno de ellos [16]:

En primer lugar, se tiene la seguridad personal con sus aplicaciones para la protección de las personas:

- Control individual de las tomas de corriente como elemento de seguridad en habitaciones infantiles, guarderías, cuartos de juego, etc.
- Teleasistencia y telemedicina para las personas mayores, enfermos o discapacitados.
- Acceso a los servicios de vigilancia mediante pulsadores que envían avisos a una central receptora como un centro hospitalario, familiares, amigos, entre otros, para solicitar servicios sanitarios urgentes.

En segundo lugar, se tiene la seguridad patrimonial con sus aplicaciones para la protección de los bienes:

- Gestión del control de acceso a un lugar por medio de reconocimiento o identificación de usuario.
- Sistemas para detección de intrusos de tipo perimétrico o volumétrico con detectores de presencia, alarmas acústicas, grabaciones en video, bloqueo automático de puertas y ventanas que permitan la posterior persuasión.

- Detección de forzado, apertura o daño de puertas o ventanas y roturas de cristales haciendo uso de los sensores magnéticos y de hiperefrecuencia, respectivamente.
- Simuladores de presencia que reproduzcan acciones cotidianas de algunos elementos, como persianas e iluminación, en períodos en que la vivienda se encuentre desocupada, sirviendo como eventos para evadir posibles intrusos.

En tercer lugar se tiene la seguridad en cuanto a eventos de emergencia con sus aplicaciones para la detección de incidentes y averías:

- Detectores de fugas de gas o agua, permitiendo el aviso y control de las mismas mediante elementos que actúen sobre las válvulas de paso en la vivienda.
- Detección del grado de toxicidad en el ambiente por fuego o humo. Comúnmente se presenta cuando hay concentración de monóxido de carbono en el garaje o parqueaderos internos de un edificio.
- Detección de averías en los accesos, ascensores o cualquier otro sistema.

1.2. Arquitectura de las redes.

Con el avance de las nuevas tecnologías de la información, particularmente en el campo de la microelectrónica, se han desarrollado métodos de conexión en los sistemas desde el punto de vista comercial. La arquitectura de un sistema domótico o inmótico especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar. Al analizar la disposición física de un sistema domótico, se pueden distinguir cuatro tipos básicos de arquitectura [4, 20].

❖ Arquitectura centralizada.

Se refiere a la arquitectura en la que el control y la supervisión de los elementos y componentes se deben cablear hasta un sistema de control en el edificio, el cual puede ser un computador personal o un autómata similar. Este sistema es el control principal ya que recibe y reúne la información de los sensores, toma las decisiones y se las envía a los actuadores para que realicen la tarea designada,

además, cualquier falla que presente este deja inhibido el sistema domótico en su totalidad; esto reduce posibilidades en cuanto a la robustez e implementación en grandes instalaciones donde las reconfiguraciones son muy costosas.

El bajo costo que representa esta arquitectura es la principal ventaja frente a las demás puesto que los elementos que la componen no necesitan módulos adicionales para el direccionamiento ni interfaces de comunicación para distintos buses [7].

En un sistema domótico de arquitectura centralizada, como se muestra en la figura 1.1, se tiene una topología tipo estrella, con un controlador central que recibe datos de los sensores y a su vez envía la información a los actuadores. El riesgo con este tipo de arquitectura es que si el controlador principal deja de funcionar, todo el sistema domótico deja de responder ya que los actuadores y sensores están conectados a este [20].

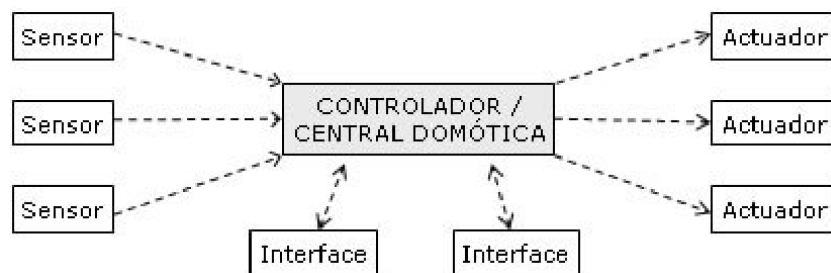


Figura 1.1: Arquitectura domótica centralizada.

❖ Arquitectura descentralizada.

Es la arquitectura en la que todos los sistemas son totalmente independientes en su funcionamiento pero deben estar comunicados entre sí por medio de un bus compartido. Además posee una o varias unidades de control de gestión y uno o varios módulos receptores o actuadores, como se muestra en la figura 1.2.

Este tipo de arquitectura resulta de una combinación entre los sistemas con arquitectura centralizada y distribuida, aprovechando las ventajas que brindan. Entre ellas se puede mencionar la flexibilidad, la cual permite que el sistema se pueda configurar con múltiples opciones de acceso al usuario final [7].

En este tipo de arquitectura se cuenta con varios controladores independientes, donde cada uno maneja sus dispositivos conectados como actuadores y sensores. Cada controlador se comunica por medio de un bus que envía la información a los demás controladores [20].

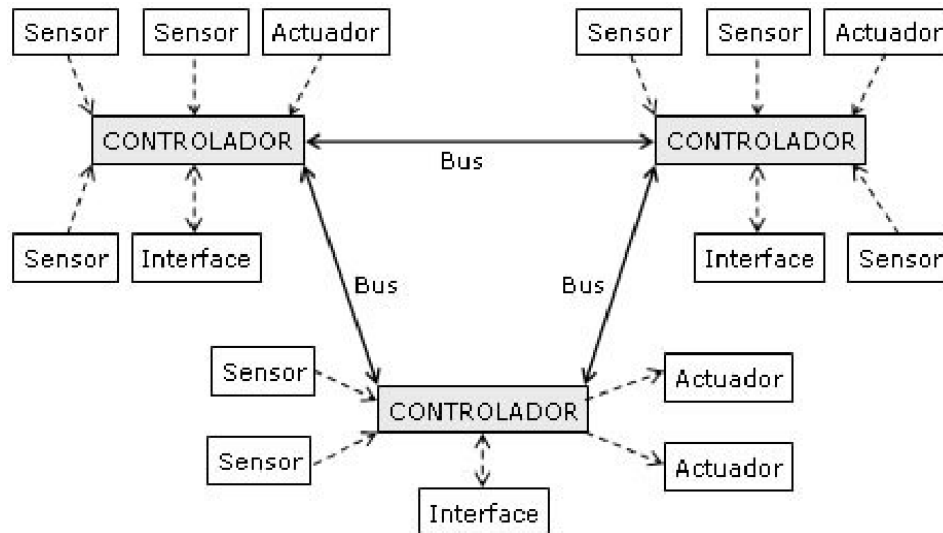


Figura 1.2: Arquitectura domótica descentralizada.

❖ **Arquitectura distribuida.**

Consiste en una arquitectura basada en nodos, no existe un único elemento principal sino que cada subsistema administra una tarea de control en particular y éstos van relacionados directamente con los elementos básicos. Esta idea de distribución de funciones se desarrolló para mejorar las arquitecturas anteriores [7].

La figura 1.3 muestra la arquitectura distribuida, donde cada sensor y actuador son también controladores capaces de enviar datos al sistema de control. De esta forma, si un dispositivo falla se garantiza el control de los elementos restantes [20].

Existen sistemas que presentan una arquitectura distribuida en cuanto a la capacidad que tienen para los procesos, pero no necesariamente tienen el mismo concepto en el diseño de la red o distribución de los diferentes elementos de control y viceversa. A diferencia de la arquitectura centralizada, estos sistemas se comunican por medio de un bus, en el cual existe un protocolo de comunicaciones implementado en cada uno de los subsistemas con unas técnicas de

direccionamiento definidas para mantener el intercambio de información entre los diferentes elementos. Por tanto, el costo de los elementos del sistema es elevado e implica una necesidad de compatibilidad entre ellos y por estas desventajas la oferta de los productos en el mercado es reducida.

Los sistemas distribuidos facilitan la reconfiguración, incidiendo directamente en el grado de flexibilidad. La simplicidad de la instalación es otra de sus ventajas, pues permite un considerable ahorro de cableado y una tecnología de fácil conexión [7].



Figura 1.3: Arquitectura domótica distribuida.

❖ Arquitectura mixta.

Es la arquitectura donde se combinan los sistemas centralizados, descentralizados y distribuidos, como se muestra en la figura 1.4. Se tiene un bus por donde se comunican los sensores y actuadores y, a su vez, los distintos controladores que manejan sus propios dispositivos y las diferentes interfaces, donde se dispone de un controlador central o varios controladores descentralizados [20].

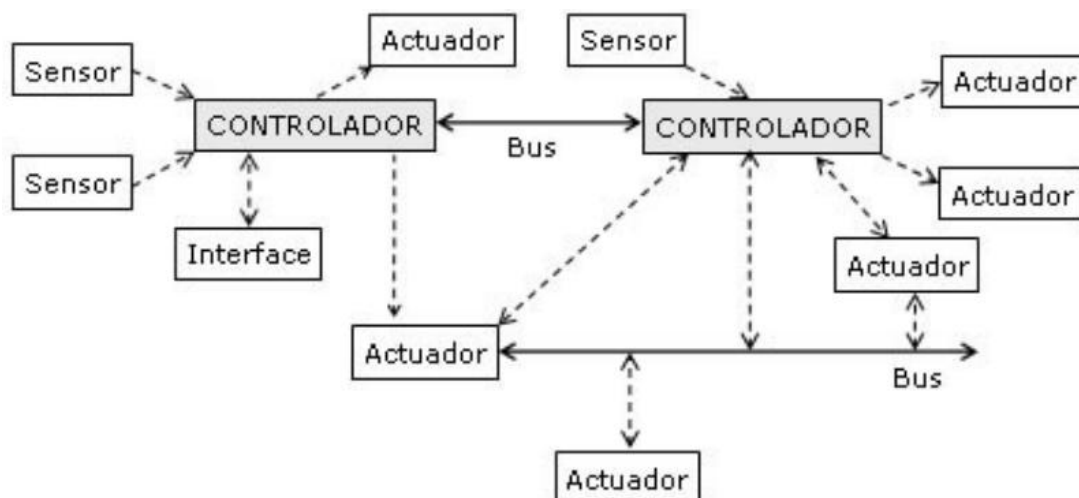


Figura 1.4: Arquitectura domótica mixta.

En este proyecto se utilizará la arquitectura centralizada para el diseño del sistema de control domótico debido a la sencillez en la instalación de la misma y la compatibilidad entre la gran variedad de elementos y dispositivos que ofrece el mercado; además su funcionamiento se adapta al empleo de la placa Arduino UNO.

1.2.1. Topologías de las redes.

En los sistemas que utilizan el cable como el medio de transmisión existe un concepto llamado topología de la red que determina cómo están conectados los componentes de una instalación domótica (sensores, actuadores, unidades de control, etc.) respecto al medio de comunicación y es por medio de esta característica que se puede realizar un diseño tal que posibilite adaptarse físicamente a las necesidades de cada vivienda en particular. Dentro de las configuraciones de redes más comunes se pueden mencionar [4, 21]:

❖ Topología en estrella.

Es una configuración donde los dispositivos están conectados a un elemento principal que actúa como el cerebro o controlador del sistema, como se muestra en la figura 1.5. Esta topología brinda facilidad para agregar nuevos elementos e independencia de estos en una situación de fallo en un elemento no central sin afectar a los demás componentes.

Posee la desventaja, teniendo en cuenta que el controlador es el corazón del sistema, si ocurre un fallo en el mismo inhabilita toda la instalación, se necesita además una gran cantidad de cableado y se produce un represamiento de información en el elemento principal.

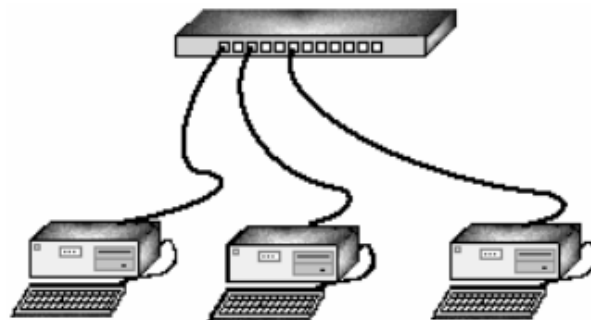


Figura 1.5: Topología en estrella.

❖ Topología en bus.

En esta topología, los elementos se comunican a través de un bus principal haciendo uso de técnicas de direccionamiento, como se muestra en la figura 1.6; de esta manera, se posibilita el intercambio de información entre dos dispositivos de forma simultánea.

Presenta ventajas como la facilidad para agregar o suprimir elementos, ya que no necesita de un cerebro que controle todo el sistema; por tanto, se pueden independizar las tareas de control y resulta ser tolerante a fallos.

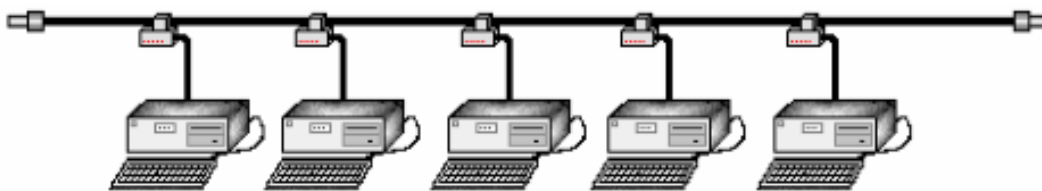


Figura 1.6: Topología en bus.

❖ Topología en anillo.

Los elementos que se conectan con esta topología forman un anillo cerrado y la información pasa por todos los dispositivos; es por esto que resulta más complicada la inserción de un nuevo elemento, porque se tiene que paralizar el funcionamiento de la red y si ocurre un fallo en alguno de ellos se inhabilita todo el sistema, pero requiere de un control más sencillo y menor cableado que el resto de las topologías, como se muestra en la figura 1.7.

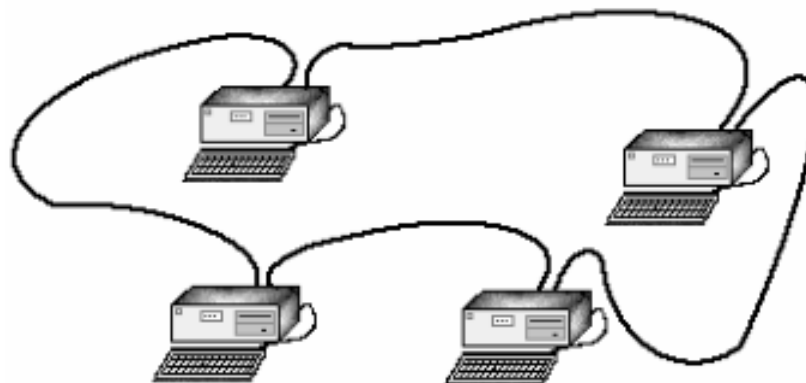


Figura 1.7: Topología en anillo.

❖ Topología en árbol.

Se basa en una forma de jerarquía en la red; utiliza combinaciones de las topologías en estrella y en bus, adquiriendo las ventajas o las desventajas que dependen de la configuración utilizada, como se muestra en la figura 1.8.

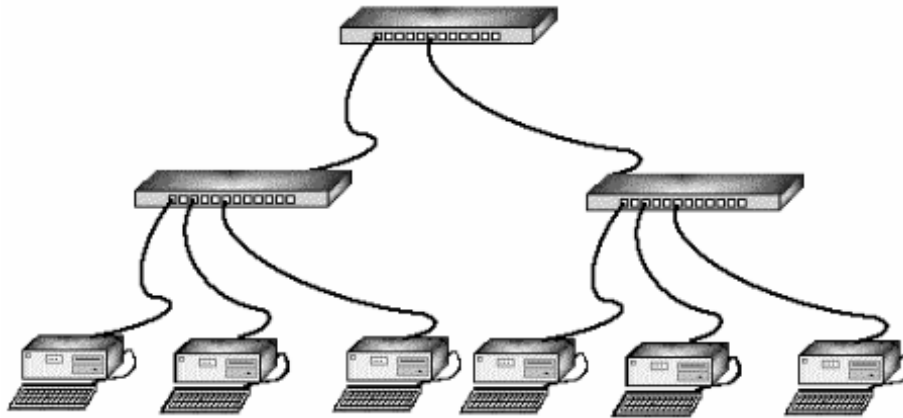


Figura 1.8: Topología en árbol.

En este proyecto se utilizará para determina cómo están conectados los componentes en el sistema domótico a implementar la topología en estrella, debido a que la misma emplea a la arquitectura seleccionada, donde todos los dispositivos involucrados en el sistema están conectados a la placa Arduino UNO.

1.3. Caracterización de la plataforma Arduino.

En la actualidad, la evolución de los microcontroladores ha impulsado, en gran medida, el desarrollo de la ingeniería de control, permitiendo diseñar equipos más compactos y versátiles para la medición y control. Es por esto que cosas tan comunes hoy en día como el transporte, las comunicaciones y en general los procesos de producción han tenido una evolución extraordinaria, alcanzando niveles de calidad y seguridad con los que no se contaba algunas décadas atrás. Con esta evolución de los microcontroladores se han desarrollado nuevas plataformas, una de las más utilizadas en el mundo actual es la de Arduino.

Arduino consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el ATmega168,

ATmega328, ATmega1280 y ATmega8 por su sencillez y bajo costo, que permiten el desarrollo de múltiples diseños.

Arduino puede tomar información del entorno de toda una gama de sensores a través de sus pines de entrada y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en *Wiring*) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en *Processing*). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software (por ejemplo: *Flash*, *Processing*, *MaxMSP*) [1, 5, 12].

❖ Lenguaje de programación de Arduino.

La plataforma Arduino tiene un lenguaje propio que está basado en C/C++ y por ello soporta las funciones del estándar C y algunas de C++. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino como Java, *Processing*, Php, C#, Matlab, *Visual Basic*, entre otros. Esto es posible debido a que Arduino se comunica mediante la transmisión de datos en formato serie que es algo que la mayoría de los lenguajes anteriormente citados soportan. Para los que no soportan el formato serie de forma nativa, es posible utilizar software intermediario que traduzca los mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida. Es bastante interesante tener la posibilidad de interactuar con Arduino mediante esta gran variedad de sistemas y lenguajes, ya que dependiendo de cuáles sean las necesidades del problema que se va a resolver, se aprovecha la gran compatibilidad de comunicación que ofrece [11, 12, 19].

❖ Fuentes de alimentación para Arduino.

La placa Arduino puede adquirir voltaje de dos maneras: mediante el puerto USB, por el cual se suministran 5V (volts) o con una fuente de alimentación externa. El origen de la alimentación se selecciona automáticamente.

Las fuentes de alimentación externa (no-USB) pueden ser tanto un transformador como una batería. El transformador se puede conectar usando un conector macho

de 2.1mm con centro positivo en el conector hembra de la placa. Los cables de la batería pueden conectarse a los pines Gnd y Vin en los conectores de alimentación (POWER).

La placa puede trabajar con una alimentación externa de entre 6 y 20V; pero, si el voltaje suministrado es inferior a 7V, el pin de 5V puede proporcionar menos de ese valor y la placa puede volverse inestable; por otro lado, si se usan más de 12V, los reguladores de voltaje se pueden sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado, por tanto, es de 7 a 12V [18].

1.3.1. Estructura del hardware de Arduino UNO.

La tarjeta que se utiliza en este trabajo es uno de los últimos modelos diseñados y distribuido por la comunidad Arduino. La placa tiene un tamaño de 75 x 53 mm.

Su unidad de procesamiento consiste en un microcontrolador ATmega328. Puede ser alimentada mediante USB o alimentación externa y contiene pines tanto analógicos como digitales, lo que permite desarrollar disímiles proyectos de ingeniería. En la figura 1.9 se muestra la forma física del Arduino UNO [11].



Figura 1.9: Frontal y reverso de la placa Arduino UNO.

A continuación, en la figura 1.10, se muestra donde están ubicados los elementos más importantes que componen la placa Arduino UNO.

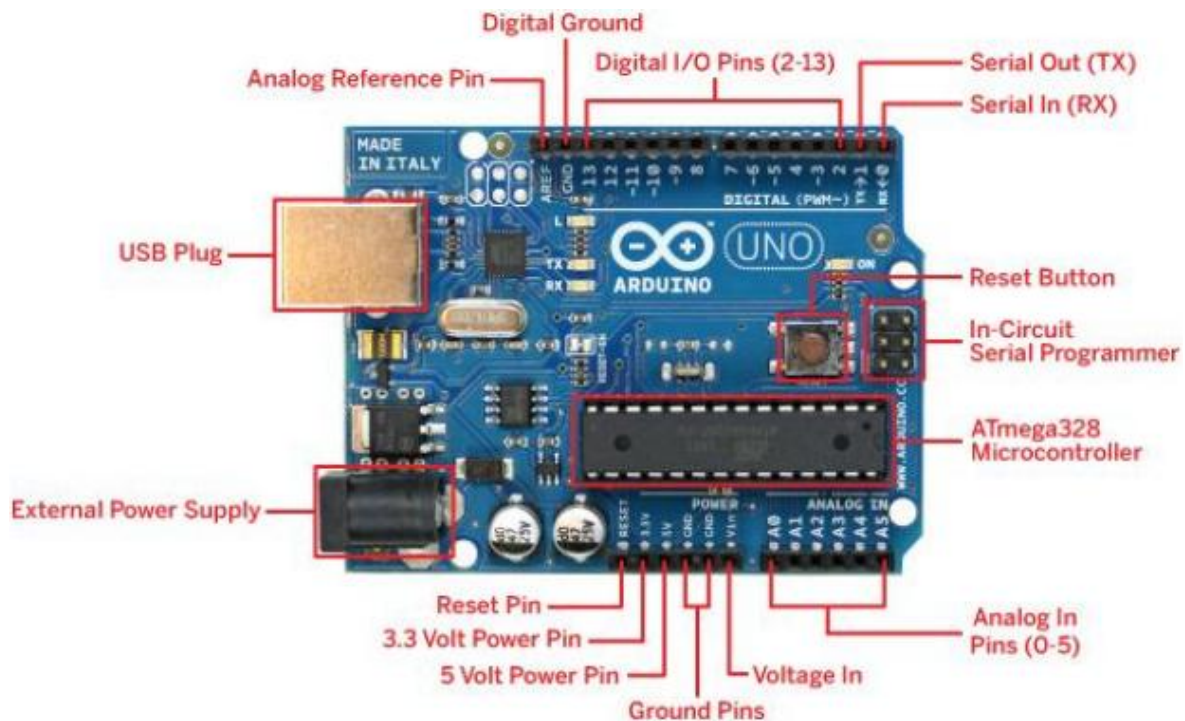


Figura 1.10: Estructura de la placa Arduino UNO.

En el anexo 2 se expone la tabla 1, que contiene un resumen con las características más importantes de este modelo, además muestra las ventajas del empleo de la plataforma Arduino para ser utilizada con fines docentes [8, 10].

1.3.2. Escudo Base Grove CyL V1.3.

La placa base Grove se conecta a una placa Arduino y es la base de todo el sistema Grove. Todos los puertos de entradas y salidas están expuestos y adaptados a 16 conectores Grove los cuales incluyen las entradas y salidas digitales, analógicas y puertos especializados (ICSP, I2C, UART).

En la figura 1.11 se muestra la descripción física de la placa base. En la parte superior (demarcado por la línea amarilla) se ubican los conectores de entradas analógicas. Las entradas analógicas se utilizan para leer sensores analógicos, tales como un potenciómetro o un sensor de temperatura; estos puertos pueden ser utilizados también como puertos digitales.

A la derecha (demarcado por la línea roja) se ubican los 8 conectores de entradas y salidas digitales. Estos pueden utilizarse para leer y controlar datos de los

módulos Grove, tales como el sensor de luz y los LEDs. Algunos de estos pines pueden utilizarse como salidas de ondas PWM (*Pulse Width Modulation*: Modulación de Ancho de Pulso), las cuales le sirven a Arduino para controlar el movimiento de un motor de pasos o controlar la intensidad de un LED. Finalmente, hacia la izquierda (demarcado por la línea verde) se ubican los conectores de comunicación serial I2C.

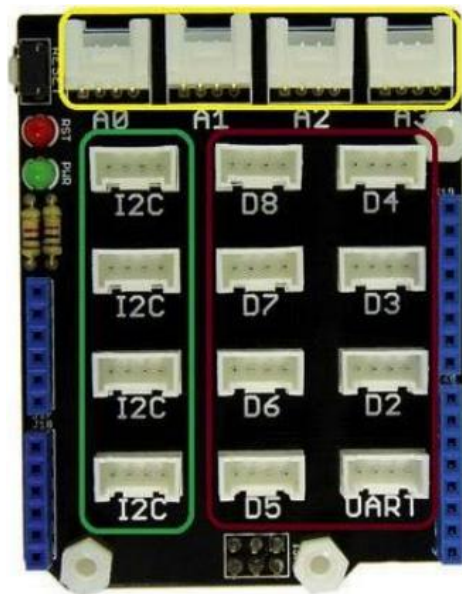


Figura 1.11: Escudo Base Grove CyL V1.3.

El Escudo Base Grove CyL V1.3 tiene una forma similar a Arduino y permite los reflejos exactos de cada pin de E/S. Los usuarios pueden conectar fácilmente los puertos del Escudo Base de E/S a los puertos de Arduino de E/S, aun sin conocer su ubicación exacta. Además, cada socket incluye VCC, GND y dos pines E/S y tienen nombres impresos en el lado. Esta versión 1.3 se centra en la simplicidad de la interfaz y la conveniencia de la operación, lo que la hace aún más fácil de usar.

En la figura 1.12 se muestra el diagrama de pines de E/S, la interfaz analógica se encuentra en la zona roja y la interfaz digital en zona azul.

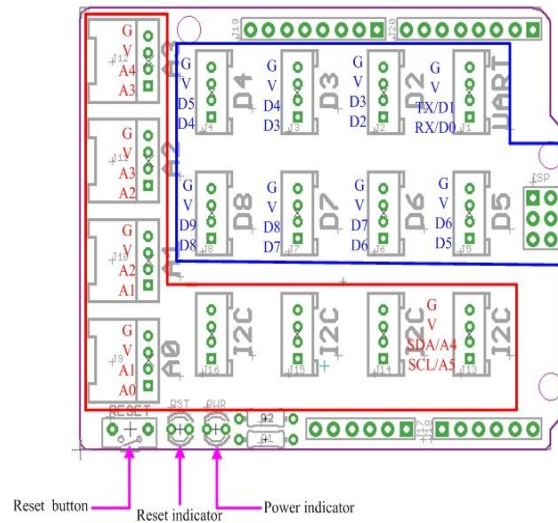


Figura 1.12: Diagrama de pines de E/S.

El propósito del escudo base es permitir una fácil conexión de cualquier pin de E/S de las unidades Grove al microprocesador de la placa Arduino UNO [9].

1.4. Sensores.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en un detector de temperatura resistivo), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), o una corriente eléctrica (como en un fototransistor) [11, 18].

1.4.1. Sensores fotoeléctricos.

Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionamiento de objetos; así como también, la detección de formas, colores y diferencias de superficies, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Los sensores de luz pueden estar basados en distintas tecnologías. A continuación se mencionan los principales tipos existentes [18].

- **Fototransistor.**

En el fototransistor la luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor.

Un fototransistor es igual a un transistor común, con la diferencia de que el primero puede trabajar de 2 formas:

1. Como transistor normal con la corriente de base (modo común).
2. Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento genera una corriente de base (modo de iluminación).

- **Fotodiodo.**

Un fotodiodo es un semiconductor construido con una unión PN, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.

Poseen la ventaja de que responden con mucha velocidad a los cambios de oscuridad a iluminación y viceversa, y pueden utilizarse en circuitos con tiempo de respuesta más pequeño. Suelen ser utilizados en lectores de CD.

- **Célula fotoeléctrica.**

Una célula fotoeléctrica o célula fotovoltaica es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica. Su principal función es la generación de energía eléctrica, aunque también puede ser utilizada como sensor de luz.

- **Fotorresistencia.**

Una fotorresistencia o LDR es un componente electrónico cuya resistencia varía en función de la luz. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (puede descender hasta 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (varios megaohmios).

La variación del valor de la resistencia tiene cierto retardo, diferente si se pasa de oscuro a iluminado o de iluminado a oscuro. Esto limita el uso de los LDR en aplicaciones en las que la señal luminosa varía con rapidez. Esta lentitud constituye una ventaja en otras aplicaciones ya que se filtran variaciones rápidas de iluminación que podrían hacer inestable un sensor. Comúnmente es utilizado para identificar noche y día.

Elección del sensor.

Una vez vistas las distintas alternativas (fotodiodo, fototransistor, fotorresistencia y célula fotoeléctrica), basándose en el criterio de bajo coste y sencillez que hagan ampliamente utilizable este sistema, se seleccionará el más adecuado para este proyecto.

En este caso, su aplicación va a ser la detección de noche y día. Para ello, según lo antes visto, el método más adecuado es la fotorresistencia, debido a su bajo coste y sencillez.

También se debe tener en cuenta que el controlador (Arduino UNO) a emplear en el sistema de control domótico posee ciertas limitantes, como son sus voltajes de salida, ya que uno de estos es 5V a intensidad por pin de 40mA y otro es de 3.3V a intensidad de 50mA como máximo, por lo que a muchos sensores que emplean este método le son insuficientes estos valores de voltaje y corriente para su operación.

Por tanto, considerando lo planteado anteriormente, se eligió para la realización de este proyecto el **Módulo Sensor de luz CyL (SEN11302)**, como se muestra en la figura 1.13, debido a que está especialmente diseñado para la comunicación con la placa Arduino UNO.



Figura 1.13: Módulo Sensor de luz CyL.

En el Anexo 4 se muestran las características y especificaciones técnicas del sensor de luz [18].

1.4.2. Sensores de temperatura.

Un sensor de temperatura es un dispositivo capaz de transformar la variación de temperatura en una señal eléctrica que puede ser leída por un sistema de control. Existen varios tipos de sensores de temperatura. A continuación se exponen algunas de las características de los principales tipos [18].

- **RTD.**

Un RTD es un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Al calentarse un metal habrá una mayor agitación térmica, dispersándose más los electrones y reduciéndose su velocidad media, aumentando la resistencia. A mayor temperatura, mayor agitación y mayor resistencia.

- **Termistor.**

Un termistor es un detector de temperatura resistivo. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de un semiconductor debido al cambio de la temperatura ambiente, creando una variación en la concentración de portadores.

Existen dos tipos de termistor:

- NTC: coeficiente de temperatura negativo.
- PTC: coeficiente de temperatura positivo (también llamado posistor).

Cuando la temperatura aumenta, los tipo PTC aumentan su resistencia y los NTC la disminuyen.

Sin embargo, a diferencia de los sensores RTD, la variación de la resistencia con la temperatura no es lineal. Para un termistor NTC, por ejemplo, la característica es hiperbólica. Es decir, para pequeños incrementos de temperatura, se darán grandes incrementos de resistencia.

- **Termopar.**

Un termopar es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los milivoltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado «punto caliente» o «unión caliente» o de «medida» y el otro llamado «punto frío» o «unión fría» o de «referencia» (efecto Seebeck).

Elección del sensor.

Como se puede apreciar, existen varios tipos de sensores de temperatura con diferentes principios de funcionamiento (termopares, termistores, RTD, etc).

El sensor escogido es el detector de temperatura resistivo ya que, tanto los RTD como los termopares, poseen un coste superior en el mercado y además, estos últimos, presentan un acondicionamiento complejo.

Una vez analizado los sensores resistivos disponibles se decidió elegir el **Módulo Sensor de Temperatura CyL (SEN23292P)** debido a que las exigencias de la instalación no requieren de gran precisión, además de que es una alternativa económica. Este sensor cuenta con un termistor NTC. En la figura 1.14 se muestra la forma física del sensor.



Figura 1.14: Módulo Sensor de Temperatura CyL.

En el Anexo 5 se muestran las características y especificaciones técnicas del sensor de temperatura [18].

1.4.3. Sensores de humedad del suelo.

Para medir la humedad del suelo se realiza de tres maneras: mediante sensores que miden la resistencia del suelo, sensores de dominio de frecuencia (son de capacitancia o de impedancia eléctrica) y medidores de humedad de neutrones. A continuación se van a exponer las principales características de cada tipo [18].

- **Sensores de resistencia del suelo.**

Estos sensores se basan en dos electrodos introducidos en el suelo que miden la resistencia del suelo entre los dos. En función de la resistencia del suelo se puede obtener la cantidad de agua presente en él. La principal ventaja de estos sensores es su bajo costo y sencillez y se utilizan habitualmente en usos domésticos.

- **Sensores de Dominio de Frecuencia (FD).**

Es un instrumento desarrollado para medir la humedad del suelo. El instrumento tiene un circuito oscilante, la parte de detección del suelo está incrustada en el suelo y la frecuencia de operación dependerá del valor de la constante dieléctrica del suelo. Estos sensores poseen el problema principal de necesitar ser calibrados en función del suelo a medir.

- **Medidor de Humedad de Neutrones.**

Estos sensores utilizan la dispersión de los neutrones para medir la humedad. Es una técnica no destructiva y su principal ventaja es que mide la humedad en la mayor parte del suelo, no solo en las cercanías del sensor. Poseen un alto costo en el mercado por lo que no son tan económicos como las otras alternativas presentes.

Elección del sensor.

Como se expuso anteriormente, existen tres tipos de sensores de humedad del suelo, los cuales tienen formas distintas de realizar las mediciones (dominio de frecuencia, mediante neutrones o la resistencia del suelo).

Manteniendo el mismo criterio aplicado en el proyecto, se escogió el sensor de resistencia de suelo, ya que es el de menor costo y, además, no necesita ser calibrado en función del suelo a medir.

Por tanto, se escogió para la realización del sistema de control el **Módulo Sensor de Humedad del Suelo CyL (SEN92355P)**, debido a su bajo costo y sencillez (está diseñado para realizar mediciones de humedad relativa en la tierra donde se coloque, solo debe ser conectado al Arduino y enterrado en la tierra). En la figura 1.15 se muestra la forma física del sensor.

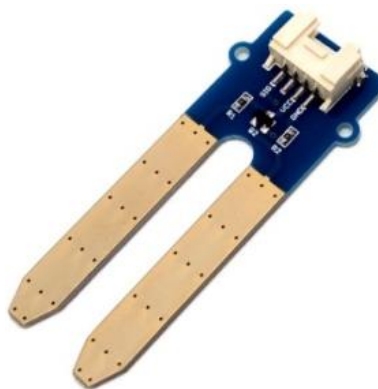


Figura 1.15: Módulo Sensor de Humedad del suelo CyL.

En el Anexo 5 se muestran las características y especificaciones técnicas del sensor de humedad de suelo [18].

1.4.4. Sensores de nivel.

Son dispositivos electrónicos que miden la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente. A continuación se muestran las características de algunos de estos sensores [3]:

- **Interruptores de flotador.**

En estos sensores de nivel de punto, un flotador magnético se mueve en la superficie del líquido, accionando un sellado hermético "reedswitch" (interruptor de láminas) en el tallo.

- **Sensores ultrasónicos.**

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y el retorno del eco a un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del contenedor.

- **Sensores capacitivos.**

Mide la variación en la capacitancia de un electrodo sumergido y las paredes del depósito, en caso de que sean líquidos conductores, el electrodo está recubierto de teflón.

- **Sensores conductivos.**

Consisten en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico, el cual varía cuando el líquido moja a los electrodos.

Elección del sensor.

Como se puede apreciar, existen múltiples formas de medir nivel en un recipiente y para ello, se han desarrollado diferentes sensores con el mismo fin. Aplicando el criterio para la realización de este trabajo se escogió un sensor de nivel del tipo conductivo, debido a que no presenta grandes exigencias para su instalación, además su costo es relativamente barato.

Después de analizar las alternativas existentes, se decidió escoger para la medición de nivel dentro del sistema de control domótico al **Módulo Sensor de Agua CyL (SEN11304P)** debido a su bajo coste y sencillez, además de estar especialmente diseñado para la comunicación con Arduino. En la figura 1.16 se muestra la forma física del sensor.



Figura 1.16: Módulo Sensor de Agua CyL.

En el Anexo 6 se muestran las características y especificaciones técnicas del sensor de agua [2].

1.4.5. Sensores de movimiento.

Un sensor de movimiento es un dispositivo electrónico diseñado para responder ante un movimiento físico. Para ello, se han aplicado distintas tecnologías en su fabricación. A continuación se muestran los diferentes tipos que existen:

- **Sensores activos.**

Este tipo de sensores inyectan luz, microondas, o sonido en el medio ambiente y detectan si existe algún cambio en él.

- **Sensores pasivos.**

Son dispositivos electrónicos que miden la luz infrarroja (IR) radiada de los objetos situados en su campo de visión, también son conocidos como PIR (pasivos infrarrojos). Para que uno de estos sensores detecte a los seres humanos se debe ajustar la sensibilidad del sensor para que detecte la temperatura del cuerpo humano.

- **Acelerómetro.**

El acelerómetro es uno de los transductores más versátiles, siendo el más común el piezoeléctrico por compresión. Este se basa en el principio de que cuando se comprime un retículo cristalino piezoeléctrico, se produce una carga eléctrica proporcional a la fuerza aplicada.

- **Giroscopio mecánico.**

Es un dispositivo para medir la orientación o mantenerla. Consiste en un disco giratorio que puede tomar cualquier orientación, la cual cambia por las fuerzas externas causadas por el movimiento.

Elección del sensor.

Una vez estudiados los diferentes tipos de sensores de movimiento, se decidió escoger para la confección de este proyecto a los sensores pasivos o PIR (pasivos

infrarrojos) debido a su gran efectividad para la detección de movimiento y su sencillez en la instalación.

Dentro de los sensores PIR existentes, se escogió para la realización del sistema de control al **Módulo Sensor PIR CyL (SEN32357P)** debido a su fácil conexión, bajo costo y sencillez. En la figura 1.17 se muestra dicho sensor.



Figura 1.17: Módulo Sensor de Movimiento CyL.

En el Anexo 7 se muestran las características y especificaciones técnicas del sensor de movimiento [14, 15].

1.4.6. Sensores de gas.

Un detector de gas es un elemento que sufre un cambio físico o químico, reversible, en presencia de un gas, para dar una señal que es transmitida, mostrada o utilizada para operar alarmas y controles. Los analizadores se basan en general en propiedades características de los gases, tales como [13]:

- **Conductividad térmica.**

Esta técnica de detección de gas es adecuada para la medición de altas concentraciones de mezclas de gases binarios. Si la conductividad térmica del gas es mayor que la de referencia, la temperatura del elemento sensor disminuye y viceversa. Se usa principalmente para la detección de gases con una conductividad térmica mucho mayor que el aire, por ejemplo, el metano y el hidrógeno.

- **Paramagnetismo del oxígeno.**

La mayoría de los gases son levemente diamagnéticos y son repelidos del campo magnético. El oxígeno es diferente, es un gas paramagnético, lo que significa que

es atraído por un campo magnético. Hay un número de analizadores que aprovechan las propiedades paramagnéticas del oxígeno.

- **Absorción Infrarroja.**

Muchos gases combustibles tienen franjas de absorción en la zona infrarroja del espectro electromagnético de luz y el principio de la absorción infrarroja se ha usado como una herramienta analítica de laboratorio durante muchos años.

Elección del sensor.

Una vez vistas las propiedades características en las que se basan los analizadores de gas, los sensores que analizan según la conductividad térmica resultan ser los más adecuados para la confección de este proyecto debido a su gran efectividad para la detección gases comunes en la vivienda, tales como el metano y el propano.

Dentro de los sensores de este tipo, se escogió para la realización del sistema de control el **Módulo Sensor de Gas y Humo MQ2 CyL (SEN90512P)**, debido a su fácil conexión, bajo costo y sencillez. En la figura 1.18 se muestra la forma física del sensor.



Figura 1.18: Módulo Sensor de Gas MQ2 CyL.

En el Anexo 8 se muestran las características y especificaciones técnicas del sensor de gas MQ2 [22].

1.5. Actuadores.

Los actuadores son dispositivos electromecánicos considerados como salidas en un sistema domótico porque actúan sobre el medio exterior y afectan físicamente a la vivienda. Ejecutan las órdenes provenientes del controlador, convirtiendo una

magnitud eléctrica en una de otro tipo (mecánica, térmica, óptica, etc.). Se puede decir que realizan, de alguna manera, un proceso inverso al de los sensores.

Estos elementos pueden mantener niveles de salida continuos o discretos, dependiendo de la señal que los gobierna. Si la actuación es de tipo “encendido/apagado” es porque lo rige una señal digital, pero si la actuación es variable es porque la señal percibida es analógica [8].

1.5.1. Relés.

El relé es un dispositivo electromagnético, el cual funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control. A continuación se exhibirán algunos de los principales tipos de relés que existen [17]:

- **Relé de estado sólido.**

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia.

- **Relé electromecánico de tipo armadura.**

Pese a ser los más antiguos, siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).

- **Relé de láminas.**

Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena acciona su contacto, las demás no. Este tipo de relé se utiliza para discriminar distintas frecuencias.

- **Relé de corriente alterna**

Cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético, también es alterno, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos.

Elección de relé.

Como se ha podido apreciar, existen diferentes tipos de relés atendiendo al propósito para el cual han sido diseñados. En este caso se decidió elegir los relés electromecánicos de tipo armadura, ya que poseen un bajo costo en el mercado respecto a las demás variantes y su funcionamiento es más sencillo.

Por consiguiente, después de haber analizado las variantes de relés existentes de este tipo, se escogió el **Módulo Relé 5V CyL (COM22639P)**, dado su bajo coste y facilidad de utilización y control. La figura 1.19 muestra la forma física del relé su esquema eléctrico.

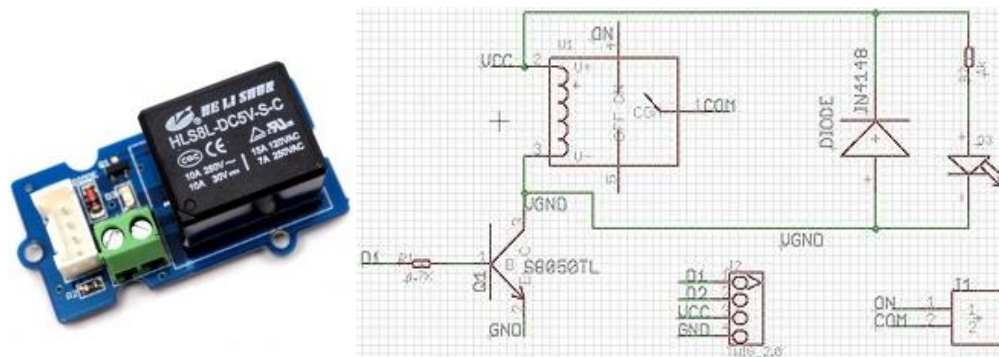


Figura 1.19: Módulo Relé CyL y su esquema eléctrico.

En el Anexo 9 se muestran las características y especificaciones técnicas del Módulo Relé CyL.

1.5.2. Pantalla de Cristal Líquido (LCD).

La definición más clara de un LCD es una pantalla de cristal líquido que visualiza ciertos caracteres: letras, números, símbolos, entre otras cosas. Están disponibles en muchos tamaños, formas y estilos. Tiene un consumo de energía de menos de 5 mA.

Para el sistema de control domótico se eligió un LCD de 16*2. El primer número indica la cantidad de columnas (16) y el segundo la cantidad de filas (2) que tiene el LCD. En la figura 1.20 se presenta la forma física de este dispositivo [10].



Figura 1.20: Pantalla de Cristal Líquido (LCD).

En el anexo 10 se muestra la tabla 9 que contiene el significado de las señales de cada pin del LCD [1].

Conclusiones parciales.

- ✓ Se evidenció la importancia que posee la Domótica, profundizando en la gestión de los servicios de una vivienda: gestión de la energía eléctrica, del confort y de la seguridad.
- ✓ El estudio de las arquitecturas y topologías de las redes de comunicación permitió seleccionar la arquitectura centralizada para ser utilizada en el sistema de control domótico a implementar.
- ✓ La evolución histórica de las funcionalidades y posibilidades de la plataforma Arduino demostró el avance y la importancia de esta en el diseño e implementación de dichos sistemas.
- ✓ El análisis de los sensores y actuadores de las diferentes variables a controlar permitió la selección de cada uno de ellos para el sistema de control domótico.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO.

Introducción.

En este capítulo se realiza la descripción del sistema de control domótico que será implementado para el desarrollo de prácticas de laboratorio. Para una mejor comprensión, éste se divide en seis lazos de control: temperatura, nivel, humedad del suelo, intensidad lumínica exterior e interior, y gas. Para cada uno de los lazos se detallan los objetivos que se persiguen, los componentes que serán utilizados, la descripción de estos, los esquemas de montaje e instalación, así como su esquema eléctrico.

2.1. Desarrollo del sistema de control domótico.

En el análisis, desarrollo e implementación del sistema de control domótico se tuvieron en cuenta las distintas variables involucradas en el proceso y el grado de complejidad de estas para realizar el control de cada una, por lo que se dividió el sistema en seis lazos de control.

Elementos adicionales.

En la tabla 2.1 se muestran los elementos adicionales necesarios para la confección del sistema de control domótico.

Tabla 2.1. Elementos adicionales.

Elementos	Cantidad
Maqueta de 2 pisos y 6 secciones	1
Parcela de tierra	1
Láminas de acrílico de 10 x 15 mm.	2
Manguera D = 6mm	1m
Cisterna cap: 2L	1
Base y tanque elevado cap: 1L	1

En la figura 2.1 se muestra la implementación del sistema domótico una vez diseñados los diferentes lazos de control.



Figura 2.1: Implementación del sistema de control doméstico.

Los lazos de control se ubicaron en la maqueta de la siguiente forma: los espacios intermedios del 1er y 2do piso se utilizaron para el lazo de control de luces interiores. Los espacios extremos del 1er piso se utilizaron para el lazo de control de temperatura. La sección de la derecha, en el 2do piso, se utilizó para la confección del lazo de control de gas. En la parte izquierda de la terraza se implementó el lazo de control de luces exteriores; la parte central de la misma, se utilizó para el lazo de control de humedad del suelo; y, por último, la parte derecha se utilizó para la confección del lazo de control de nivel.

2.1.1. Control de nivel.

El control de nivel del tanque elevado de la vivienda tiene como objetivo mantener el nivel entre el valor máximo y el mínimo de forma automática, mediante la acción de una bomba de agua controlada por la placa Arduino UNO. Esto permite que el tanque nunca se vacíe ni se desborde, evitando pérdida del líquido; para ello se estudiaron los distintos dispositivos involucrados y una vez seleccionados, se procedió a la confección e implementación del lazo.

Este lazo cuenta con dos sensores de agua analógicos, diseñados para la comunicación con la placa Arduino UNO, los cuales son los encargados de detectar el agua dentro del tanque la placa Arduino UNO para tomar las

decisiones correspondientes y un relé o interruptor digital, que capta las señales de 0 o 5V enviadas por el controlador con el fin de abrir o cerrar un circuito eléctrico externo. Para el correcto funcionamiento del lazo, primero se determinó la colocación correcta de los sensores dentro del tanque y posteriormente la lógica necesaria para el control de nivel.

Elementos utilizados.

En la tabla 2.2 se muestran los elementos utilizados para confeccionar el lazo de control de nivel del tanque elevado de la vivienda.

Tabla 2.2. Elementos del lazo de control de nivel.

Elementos	Cantidad
Placa Arduino UNO	1
Escudo Base Grove CyL V1.3	1
Módulo Sensor de Agua CyL	2
Módulo Relé 5V CyL	1
Bomba de agua, WAKI_24VDC	1
Fuente de alimentación con salida: 24VDC	1
Cables Grove de 4 pines universales	3
Bridas, adhesivos y silicona fría	-

Descripción del lazo.

Inicialmente el tanque está vacío, una vez que el sistema se ponga en marcha, el sensor mínimo detecta inmediatamente la ausencia de agua en él y envía una señal a la placa Arduino UNO por el pin analógico A3. Después de haber recibido esta señal, el controlador dispone de la programación grabada en su microprocesador y manda a ejecutar una acción de control.

El encargado de recibirla es el relé, que hace la función de amplificador eléctrico, en este y los restantes lazos de control. Mientras el relé esté detectando la señal de control enviada por el pin digital 8, que en este caso es 5V (HIGH), cierra el circuito eléctrico asociado con la alimentación de la bomba de agua.

Cuando la bomba comienza a funcionar, toma el agua de la cisterna y la envía al tanque elevado de la vivienda e inmediatamente comienza a subir el nivel en el tanque. Pasado un tiempo, el sensor máximo detecta la presencia de agua y envía una señal a la placa Arduino UNO por el pin analógico A2. El controlador, siguiendo la lógica impuesta en su programación, envía otra acción de control al relé, que en este caso es 0V (LOW), interrumpiendo la alimentación de la bomba de agua.

Esta lógica del funcionamiento del lazo estará vigente hasta que no sea impuesta otra programación en el controlador; mientras tanto, cada vez que el nivel del tanque esté por debajo del sensor mínimo o por encima del sensor máximo, se activará o desactivará la bomba, según se demande el uso de agua en la vivienda.

La figura 2.2 muestra las conexiones eléctricas realizadas para la confección del lazo de control de nivel, además indica los pines de entrada-salida analógicos y digitales utilizados por el controlador para recoger y enviar las señales a los elementos del campo.

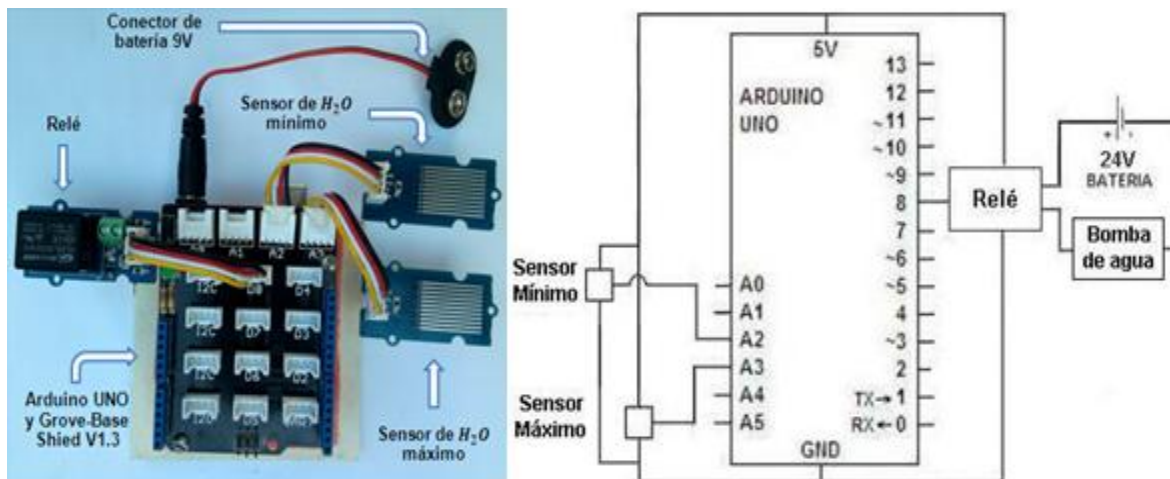


Figura 2.2: Esquema eléctrico del lazo de control de nivel.

2.1.2. Control de humedad del suelo.

El lazo de control de humedad del suelo tiene como objetivo el regadío del jardín de forma automática, mediante la acción de una electroválvula que permite el paso del agua a través de ella, proporcionando un cuidado eficiente del jardín. En este lazo no se tuvo en cuenta el valor de la temperatura a la que está expuesta el

jardín, debido a que es solo demostrativo como práctica de laboratorio, pero en una instalación real es un factor determinante para su confección.

El lazo de control cuenta con un sensor de humedad del suelo, diseñado para la comunicación con la placa Arduino UNO, con el fin de tomar el valor de humedad que posee la tierra del jardín; la placa Arduino UNO, para tomar las decisiones correspondientes; y un relé encargado de recibir las órdenes del controlador.

Elementos utilizados.

En la tabla 2.3 se muestran los elementos utilizados para confeccionar el lazo de control de humedad del suelo en el jardín de la vivienda.

Tabla 2.3. Elementos del lazo de control de humedad del suelo.

Elementos	Cantidad
Placa Arduino UNO	1
Escudo Base Grove CyL V1.3	1
Módulo Sensor de Humedad del Suelo CyL	1
Módulo Relé 5V Conectar y Listo	1
Electroválvula A. M. K. 24VDC	1
Fuente de alimentación con salida: 24VDC	1
Cables Grove de 4 pines universales	2
Bridas, cinta adhesiva y cables de conexión	-

Descripción del lazo.

Al iniciar el sistema, el sensor de humedad del suelo, insertado en la tierra del jardín, detecta el valor de humedad que esta posee y manda la lectura realizada a la placa Arduino UNO por el pin analógico A1, después de recibir la señal, el controlador compara el valor enviado con el establecido por programación, apoyado en los rangos de humedad para este tipo de sensor: suelo seco (0 - 300), suelo húmedo (301 - 700) y suelo mojado (701 - 950). Si el valor enviado está por debajo del valor establecido en programación, el controlador espera que se active el sensor de agua máximo del tanque elevado, garantizando que siempre haya

agua en el depósito cada vez que se necesite regar el jardín. Siempre que se cumpla esto, la placa Arduino UNO envía una señal de 5V al relé por el pin digital 7, encargándose de cerrar el circuito eléctrico asociado con la alimentación de la electroválvula, permitiendo esta, el paso del agua a través de ella. Después de haber sucedido esto, el agua del tanque elevado sale por gravedad hasta el lugar donde está ubicado el jardín y humedece gradualmente el suelo en un tiempo determinado, cuando la lectura de la humedad supere el valor establecido en programación, el controlador envía una señal de 0V al relé, cortando la alimentación de la electroválvula, lo que implica que esta última se cierra, impidiendo el paso del agua a través de ella.

Luego de esta acción, la placa Arduino UNO se queda a la espera de que, pasado un período más largo de tiempo, el valor de humedad esté por debajo del establecido y vuelva a ejecutarse el algoritmo explicado anteriormente.

La figura 2.3 muestra las conexiones eléctricas realizadas para la confección del lazo de control de humedad del suelo; además, indica los pines analógicos y digitales utilizados por la placa Arduino UNO para la comunicación con los elementos de control.

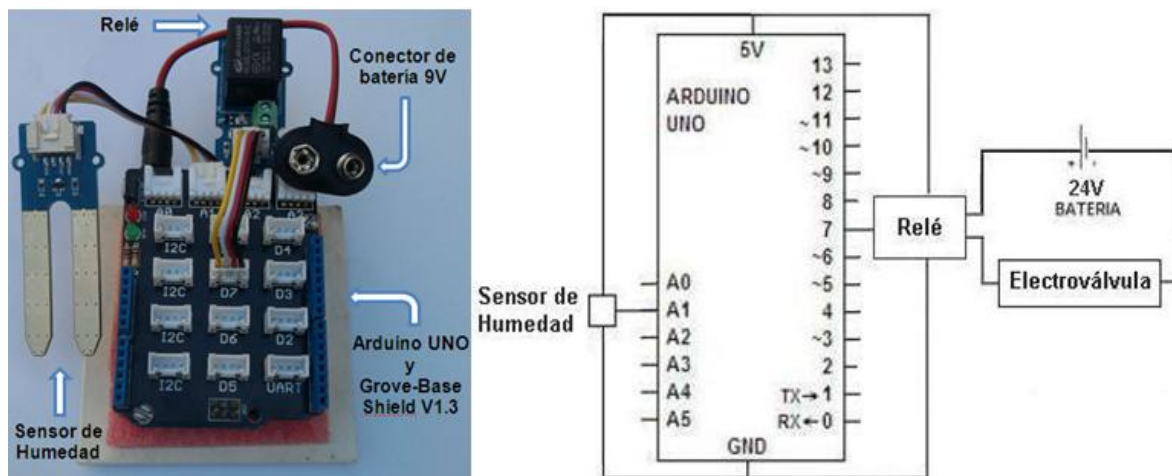


Figura 2.3: Esquema eléctrico del lazo de control de humedad del suelo.

2.1.3. Control de temperatura.

El control de temperatura tiene como objetivo mantener la temperatura entre el valor máximo y el mínimo especificado por el usuario, con el fin de aumentar el confort, el bienestar y la comodidad del mismo.

Cuenta con un sensor de temperatura analógico, el cual posee un rango de medición de -40°C a 125°C , para tomar los valores de la temperatura en los espacios definidos; la placa Arduino UNO, para recibir las señales y tomar las decisiones correspondientes; un display LCD, para indicar la temperatura real; y un relé para recibir las órdenes enviadas por el controlador.

Elementos utilizados.

En la tabla 2.4 se muestran los elementos utilizados para confeccionar el lazo de control de temperatura.

Tabla 2.4. Elementos del lazo de control de temperatura.

Elementos	Cantidad
Placa Arduino UNO	1
Breadboard	1
Módulo Sensor de Temperatura CyL	2
Módulo Relé 5V CyL	1
Ventiladores 12VDC	2
Fuente de alimentación con salida: 12VDC	1
Display LCD 16*2	1
Diodos LED rojo y verde	8
Resistencia 560Ω	8
Diodo LED RGB	1
Resistencia 220Ω	3
Cables Grove de 4 pines universales	2
Bridas, cinta adhesiva y cables de conexión	-

Descripción del lazo.

Al iniciar el sistema, el sensor de temperatura manda la lectura realizada a la placa Arduino UNO por el pin analógico A0. El controlador, una vez que recibe dicho valor, lo compara con el valores establecido por el usuario como máximo. Si la temperatura está por encima del valor máximo establecido, el controlador envía una señal de 5V al relé por el pin digital 7, este es el encargado de, una vez recibida dicha señal, cerrar el circuito eléctrico asociado con la alimentación del sistema de ventilación, por lo que este comienza a funcionar. La temperatura empieza a variar y a descender su valor paulatinamente, pasado un tiempo, esta alcanza el valor mínimo establecido en la programación, rápidamente la placa Arduino UNO interrumpe la señal de 5V y envía una señal de 0V al relé, permitiendo que este abra el circuito interrumpiendo la alimentación del sistema de ventilación. La temperatura comienza a ascender tendiendo a alcanzar el valor de la temperatura ambiente y el valor máximo. Cuando alcanza dicho valor, se vuelven a activar el sistema de ventilación manteniendo la temperatura en el intervalo deseado por el usuario.

Si el usuario quiere mantener la temperatura en otro rango más cálido o frío, hay que establecer en la programación del controlador los nuevos valores de máximo y mínimo. Mientras tanto no se desee, la temperatura se mantendrá dentro del intervalo especificado.

Para mostrar o indicar el valor de la temperatura, se utiliza un display LCD de 16*2, es decir, 16 columnas y 2 filas, sus pines son: pin 1 (Tierra); pin 2 (Alimentación); pin3 (V0) que permite cambiar el contraste en la pantalla (en el lazo se conecta directamente a tierra para alcanzar el valor máximo de brillo); pin 4 (Registro de Selección-RS), controla dónde aparecerán los símbolos en la pantalla; pin 5 (Leer/Escribir-R/W), que pone la pantalla en modo de escribir o leer respectivamente (en el lazo se utiliza el modo de escribir); el pin 6 (Activar-E) le dirá al LCD que recibirá un comando, es decir, permite que se escriba en el mismo; los pines 7-14 (Datos-DB0--DB7) son usados para mandar los símbolos de los datos a la pantalla (en el lazo se utiliza desde DB4-DB7).

En el circuito de la figura 2.5 se conecta el pin digital 2 al LCD DB7, el pin digital 3 al DB6, el pin digital 4 al DB5, el pin digital 5 al DB4, el pin digital 11 al E y el pin digital 12 al RS. En la primera fila el LCD muestra la palabra “TEMPERATURA:” y en la otra fila muestra el valor que toma la temperatura en el transcurso del tiempo. La figura 2.4 muestra al LCD en el sistema de control domótico.

Esta indicación es de gran importancia, pues permite que el usuario compruebe el funcionamiento correcto de los dispositivos utilizados en el lazo de control de temperatura. Si la temperatura se encuentra fuera del rango establecido, entonces hay un funcionamiento incorrecto de alguno de los elementos que intervienen en el lazo, y el usuario puede tomar las medidas pertinentes para erradicar el problema. Además, muestra la temperatura real en la que se encuentran los espacios.



Figura 2.4: Pantalla de Cristal Líquido.

En el lazo de control también se utiliza un diodo LED RGB, el cual muestra o indica en dos colores diferentes la variación de la temperatura en el intervalo dado. El diodo LED enciende rojo y azul simultáneamente dependiendo del valor que tome la temperatura. A medida que esta se acerca al valor máximo, el diodo tiende cada vez más a ponerse rojo y, alcanzando aquel, queda definido completamente en este color. Por el contrario, cuando la temperatura desciende acercándose al valor mínimo, el diodo va tendiendo al azul, hasta quedar definido por completo en este color. Este medio es otra forma de conocer el comportamiento de la temperatura en los lugares, ya que si el diodo tiende a ponerse rojo, se debe a que está tomando los valores más cálidos del rango, pero si es azul, son los valores más fríos.

La figura 2.5 muestra las conexiones eléctricas realizadas para la confección del lazo de control de temperatura, además indica los pines analógicos y digitales

utilizados por la placa Arduino UNO para la comunicación con los sensores, actuadores e indicadores.

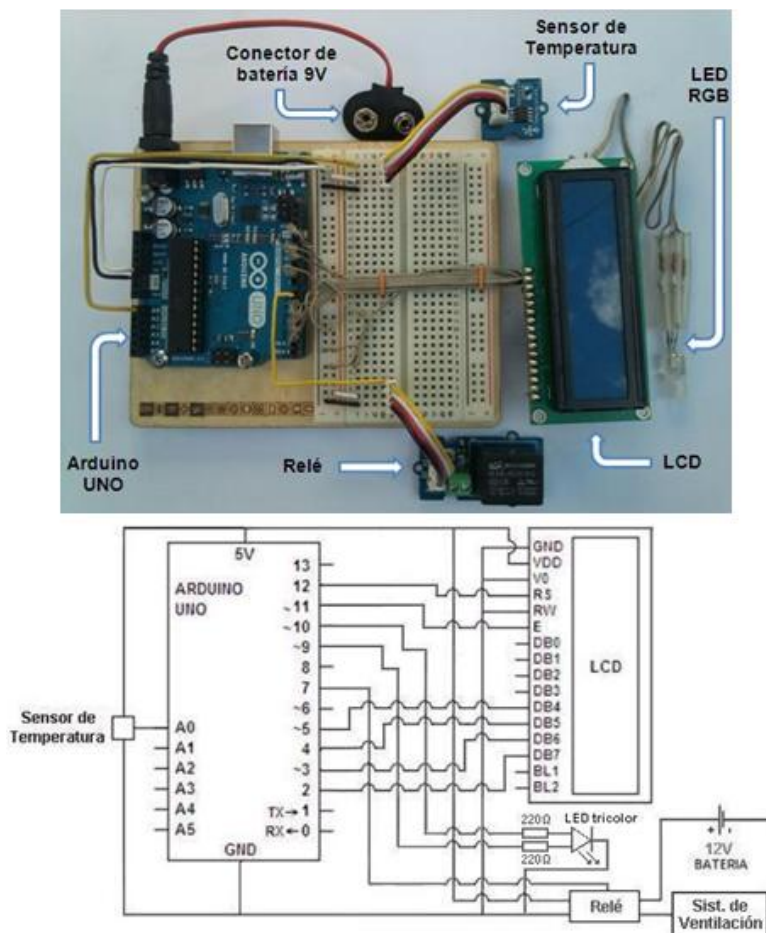


Figura 2.5: Esquema eléctrico del lazo de control de temperatura.

2.1.4. Control de intensidad lumínica interior.

El control de la intensidad lumínica en el primer y segundo piso de la vivienda tiene como objetivo el encendido de las luces en cada uno de los espacios citados sin la intervención del hombre, contribuyendo con el ahorro de energía, además de aumentar el confort. Este lazo cuenta con dos sensores de movimiento (PIR) encargados de detectar la presencia de los usuarios, la placa Arduino UNO para recibir las señales y tomar las decisiones correspondientes y dos relés para recibir las órdenes enviadas por el controlador.

Respecto a la calibración de los sensores, al energizarse los sensores PIR, requieren de un tiempo de preparación para comenzar a operar de manera

adecuada. Esto se debe a que tiene que ocurrir la adaptación a las condiciones propias de operación del ambiente donde fueron instalados. Durante este periodo los sensores aprenden a reconocer el estado de reposo o no movimiento del ambiente. La duración de esta calibración puede estar entre 10 y 60 segundos y es altamente recomendable la ausencia de personas en el lugar de instalación mientras se calibra [15].

Elementos utilizados.

En la tabla 2.5 se muestran los elementos utilizados para confeccionar el lazo de control de intensidad lumínica interior de la vivienda.

Tabla 2.5. Elementos del lazo de control de intensidad lumínica interior.

Elementos	Cantidad
Placa Arduino UNO	1
Escudo Base Grove CyL V1.3	1
Módulo Sensor de Movimiento (PIR) CyL	2
Módulo Relé 5V CyL	2
Manguera LED 12VDC	5
Linterna LED 4.5VDC	1
Fuente de alimentación con salida: 12VDC	1
Cables Grove de 4 pines universales	4
Bridas, cinta adhesiva y cables de conexión	-

Descripción del lazo.

Cuando se inicia el sistema, los sensores de movimiento realizan la lectura de las áreas en donde fueron colocados y la envían al controlador por los pines digitales 2 y 3, respectivamente. Posteriormente, la placa Arduino UNO identifica, apoyándose en la programación, las señales recibidas y determina si hay o no presencia en las áreas. A continuación se explica los casos que puedan surgir según las señales recibidas:

- Si no hay movimiento en ninguna de las áreas, el controlador mantiene la señal de 0V enviada por defecto a los relés, continuando abiertos los circuitos que activan las luces, manteniéndose así las luces apagadas.
- Si se detecta la presencia en alguno de los espacios, el controlador envía una señal de 5V al relé correspondiente al lugar en donde se detectó el movimiento, lo que proporciona que se cierre el circuito y se activen las luces de dicho espacio.
- Por último, si se detecta en los dos espacios, el controlador envía una señal de 5V a cada uno de los relés correspondientes a las luces en una y otra área, permitiendo la activación de estas.

La figura 2.6 muestra las conexiones eléctricas realizadas para la confección del lazo de control de luces interiores, además indica los pines analógicos y digitales utilizados por la placa Arduino UNO para la comunicación con los elementos de control.

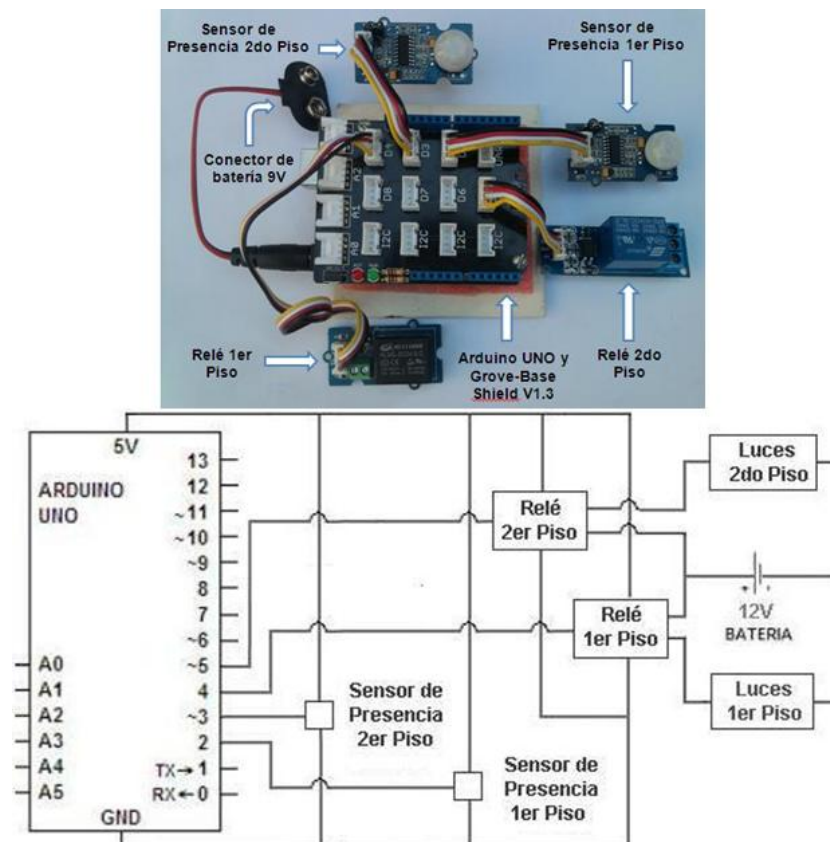


Figura 2.6: Esquema eléctrico del lazo de control de intensidad lumínica interior.

2.1.5. Control de intensidad lumínica exterior.

El lazo de control de intensidad lumínica exterior tiene como objetivo el alumbrado de las luces exteriores, en función de la luz natural, de forma automática. Este lazo permite mantener iluminados, sin necesidad de la intervención del hombre, los lugares exteriores de la vivienda que sean de importancia cuando disminuye la intensidad de luz. Un ejemplo muy cotidiano es el encendido de las luces cuando cae la noche o se nubla el día.

Cuenta con un sensor de luz analógico, diseñado para la comunicación con la placa Arduino UNO, encargado de medir y detectar el aumento o disminución de la intensidad de luz en el exterior de la vivienda, la placa Arduino UNO y un relé para recibir y cumplir las órdenes del controlador.

Elementos utilizados.

En la tabla 2.6 se muestran los elementos utilizados para confeccionar el lazo de control de intensidad lumínica exterior de la vivienda.

Tabla 2.6. Elementos del lazo de control de intensidad lumínica exterior.

Elementos	Cantidad
Placa Arduino UNO	1
Escudo Base Grove CyL V1.3	1
Módulo Sensor de Luz CyL	1
Módulo Relé 5V CyL	1
Diodos LED azul y blanco	4
Resistencia 560Ω	4
Fuente de alimentación con salida: 12VDC	1
Cables Grove de 4 pines universales	2
Bridas, cinta adhesiva y cables de conexión	-

Descripción del lazo.

Al iniciar el sistema, el sensor de luz toma el valor de la intensidad de luz en los exteriores de la vivienda y lo envía al controlador por el pin analógico A0.

Seguidamente, la placa Arduino UNO compara, apoyándose en su programación, la lectura recibida con el valor establecido como parámetro. Si el valor enviado está por encima del establecido en programación, el controlador mantiene la señal de 0V enviada al relé por el pin digital 6, continuando a circuito abierto la alimentación de las luces, permaneciendo estas apagadas. Si el valor enviado está por debajo del establecido, la placa Arduino UNO cambia a 5V la señal enviada al relé, alterando el estado del mismo, lo que provoca que se cierre el circuito y enciendan las luces exteriores.

Después de esto, se queda a espera hasta que, pasado un período de tiempo, el valor de la intensidad de luz exterior vuelva a estar por debajo del establecido en programación y se ejecute nuevamente la lógica explicada.

La figura 2.7 muestra las conexiones eléctricas realizadas para la confección del lazo de control de luces exteriores, además indica los pines analógicos y digitales utilizados por la placa Arduino UNO para la comunicación con los elementos de control.

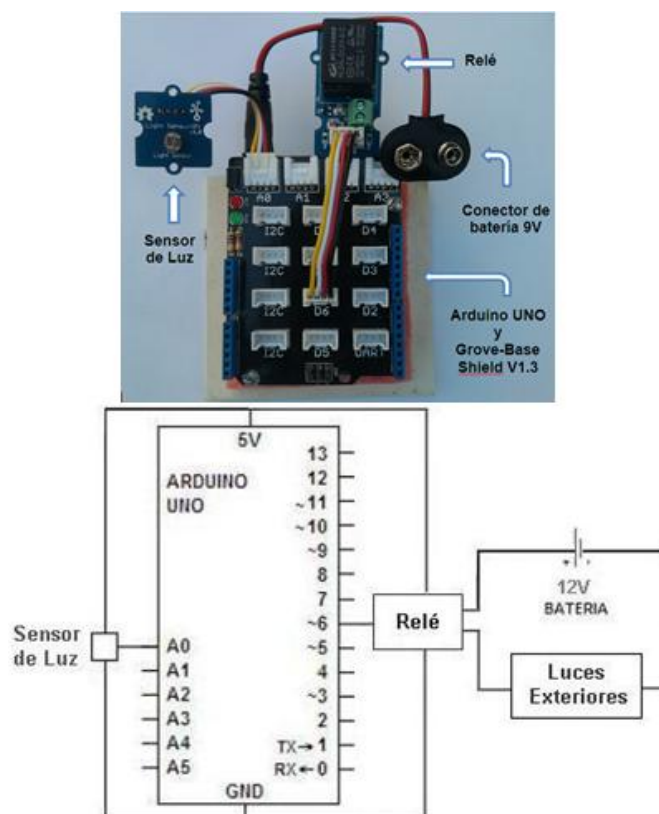


Figura 2.7: Esquema eléctrico del lazo de control de intensidad lumínica exterior.

2.1.6. Control de gas.

El control de gas tiene como objetivo avisar a las personas dentro de la vivienda, en caso de que exista escape de gases, mediante la activación de una alarma de forma automática. Este lazo es de vital importancia para la seguridad de la vivienda debido a que le permite a los usuarios anticiparse y tomar las acciones pertinentes para evitar que ocurran pérdidas materiales y humanas.

Cuenta con un sensor de gas analógico, encargado de detectar la presencia de gas combustible y humo en concentraciones de 300 a 10.000 ppm (partes por millón) en el lugar definido; la placa Arduino UNO, para recibir las señales enviadas por el sensor y tomar las decisiones correspondientes; una pantalla de cristal líquido (LCD) para notificar una señalización de alerta e indicar el valor en ppm del gas esparcido; y un relé para recibir las órdenes enviadas por el controlador.

Elementos utilizados.

En la tabla 2.7 se muestran los elementos utilizados para confeccionar el lazo de control de gas.

Tabla 2.7. Elementos del lazo de control de gas.

Elementos	Cantidad
Placa Arduino UNO	1
Breadboard	1
Módulo Sensor de Gas CyL Analógico	1
Módulo Relé 5V CyL	1
Alarma 12VDC	1
Fuente de alimentación con salida: 12VDC	1
Display LCD 16*2	1
Cables Grove de 4 pines universales	2
Bridas, cinta adhesiva y cables de conexión	-

Descripción del lazo.

Al iniciar el sistema, el sensor de gas realiza una lectura en el lugar ubicado y envía el dato a la placa Arduino UNO por el pin analógico A1. Luego de recibir esta información, el controlador realiza la calibración del sensor tomando como muestra los primeros 20 valores enviados y calculando el promedio de estos; es importante asegurarse que mientras se realiza este proceso, el detector de gas esté ubicado en una zona de aire limpio para evitar datos erróneos. Una vez terminada la calibración del sensor, la tarjeta Arduino, apoyándose en su programación, toma el valor recibido y lo convierte a su equivalente en partes por millón, después compara este dato con el valor establecido como límite permisible de gas en el área. Si el valor en ppm no supera dicho límite, la placa Arduino UNO mantiene la señal de 0V enviada al relé por el pin digital 8, continuando todas las alarmas, tanto sonoras como luminosas, sin funcionar. En caso contrario, si el dato supera el tope permisible, la placa Arduino UNO envía una señal de 5V al relé, lo que permite que se activen las alarmas, avisando así a las personas que se encuentren dentro de la vivienda, que existe una fuga de gases en esta; también envía a un LCD una señal de alerta y el valor en partes por millón del gas esparcido en la zona afectada; las alarmas y señales se mantendrán activadas hasta que se elimine la emisión de los gases dentro de la casa.

Una vez erradicado el problema y se encuentre el índice de los gases por debajo del valor establecido como límite, el controlador interrumpe la señal de alerta mostrada en el LCD y envía una señal de 0V al relé, interrumpiendo la alimentación de las alarmas activas.

La figura 2.8 muestra las conexiones eléctricas realizadas para la confección del lazo de control de gas, además indica los pines analógicos y digitales utilizados por la placa Arduino UNO para la comunicación con los elementos de control.

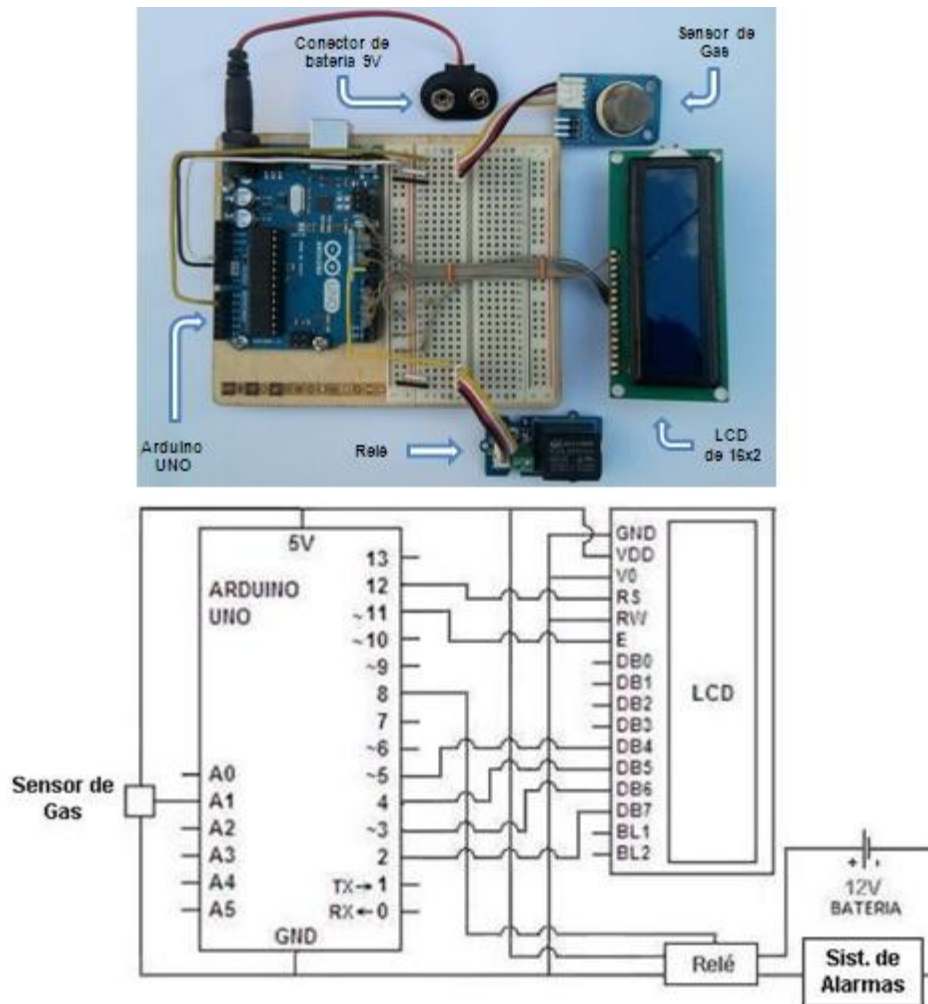


Figura 2.8: Esquema eléctrico del lazo de control de gas.

2.2. Valoración económica y medioambiental.

Valoración económica.

El sistema de control domótico implementado se realizó utilizando la plataforma Arduino, donde se empleó la placa Arduino UNO para gobernar todos los componentes eléctricos y elementos de control que se conectan a la misma. Esta plataforma se ha visto envuelta en los últimos años en un proceso de constante desarrollo, por lo que se ha generalizado en los ámbitos académicos e investigativos, en los cuales se llevan a cabo proyectos de baja, mediana y alta complejidad, lo que la hace de gran utilidad para muchos centros de enseñanzas que tengan relación con su empleo.

Los precios en el mercado internacional de las tarjetas, kits, módulos y accesorios que conforman la plataforma hacen que el sistema de control domótico implementado sea costeable y pueda ponerse en práctica en países en vías de desarrollo, como el nuestro. En la tabla 2.8 se recogen los precios de los componentes de control utilizados para la confección del mismo; vale destacar que en esta no se incluyen los componentes externos como bombas de agua, electroválvulas, ventiladores, entre otros, solo los elementos necesarios que intervienen en el control de la variable controlada, dígame: alimentación, sensor, actuador, controlador y visualizador.

Tabla 2.8. Elementos utilizados en el sistema de control domótico.

Sistema de control domótico utilizando la plataforma Arduino			
Denominación	Cantidad	Precio Unitario en Euro (€)	Precio Total en Euro (€)
Tarjeta Arduino Uno Rev3	2	23.00	46.00
Shield Arduino Base CyL V1.3	1	21.01	21.01
Módulo LCD Serie 16x2 CyL	1	26.00	26.00
Módulo Sensor PIR CyL	2	17.00	34.00
Módulo Sensor de Gas y Humo MQ-2 CyL	1	13.00	13.00
Módulo Sensor de Humedad Suelo CyL	1	11.50	11.50
Módulo Sensor de Temperatura CyL	1	6.00	6.00
Módulo Sensor de Agua CyL	2	6.00	12.00
Módulo Sensor de Luz CyL	1	6.00	6.00
Módulo Relé 5V CyL	6	6.00	36.00
Breadboard	1	5.00	5.00
Batería 9V	2	4.50	9.00
COSTO TOTAL	-	-	225.01

Actualmente, los sistemas domóticos suelen utilizar buses de transmisión de información que posibilitan una domótica robusta como son el EIB, X10, CEBus, LonWorks/LongTalk y ZigBee, por lo que tienen un precio muy alto de instalación. La tabla 2.9 recoge los precios de los componentes utilizados en un sistema domótico con los métodos tradicionales.

Sistema de control domótico utilizando tecnología convencional			
Denominación	Cantidad	Precio Unitario en Euro (€)	Precio Total en Euro (€)
Relé Inteligente Compacto Zelio Logic 20 E/S	2	201.99	403.98
Detector de Movimiento BLAUPUNKT IR-S1L	2	68.99	137.98
Detector de Gas Doméstico DD-4015	1	87.27	87.27
Sensor de la sonda VH400-10M de humedad del suelo	1	52.95	52.95
Sensor de Temperatura BLAUPUNKT TS-S1	1	68.99	68.99
Sensor de Agua BLAUPUNKT WS-S1	2	84.91	169.82
Sensor de luminosidad 0-10V Número de artículo: 200032	1	96.68	96.68
COSTO TOTAL	-	-	1017.67

Como se puede apreciar en la última tabla, los precios de los componentes de un sistema domótico convencional superan cuantiosamente a los elementos de la plataforma Arduino empleados con el mismo fin, teniendo en consideración que estos componentes se encuentran entre los más económicos que se pueden utilizar para la realización de dichos sistemas. Por tanto, se evidencia la rentabilidad del sistema de control domótico utilizando la plataforma Arduino para el desarrollo de prácticas de laboratorio.

Valoración medioambiental.

El diseño y la implementación del sistema de control domótico para el desarrollo de prácticas de laboratorio brindan un gran nivel de seguridad medioambiental, debido a que este no presenta ninguna fuente de peligro al medioambiente, pues los circuitos electrónicos y los dispositivos que lo conforman manejan valores de corrientes y voltajes que no son perjudiciales para el medio que lo rodea.

Conclusiones parciales.

- ✓ El estudio de las diferentes variables a controlar permitió seleccionar los sensores y actuadores a utilizar, así como su ubicación dentro de los locales.
- ✓ Las prestaciones del sistema domótico permitió definir seis lazos de control para ser implementados: temperatura, nivel, humedad del suelo, intensidad lumínica exterior e interior y gas.
- ✓ El análisis de los lazos de control permitió seleccionar los componentes utilizados, así como diseñar los diferentes esquemas eléctricos.
- ✓ El análisis de los componentes utilizados en la confección del sistema de control domótico empleando la plataforma Arduino permitió demostrar la rentabilidad del mismo respecto a los sistemas domóticos convencionales.

CONCLUSIONES GENERALES.

- ✓ La caracterización teórica e histórica de la Domótica, permitió realizar un análisis profundo en los servicios de una vivienda: gestión de la energía eléctrica, del confort y de la seguridad.
- ✓ El estudio de la plataforma Arduino permitió demostrar las ventajas que esta presenta para ser utilizada con fines docentes.
- ✓ El análisis de las características de las diferentes variables a controlar posibilitó definir los sensores y actuadores a utilizar, así como su ubicación dentro de los locales.
- ✓ El diseño y la implementación del sistema domótico permitió definir seis lazos de control: temperatura, nivel, humedad del suelo, intensidad lumínica exterior e interior y gas.
- ✓ Se evidenció la rentabilidad del sistema de control domótico utilizando la plataforma Arduino para el desarrollo de prácticas de laboratorio.

RECOMENDACIONES.

- Realizar el estudio para la implementación de nuevos lazos de control utilizando la plataforma Arduino.
- Simular en un software profesional, por ejemplo el ISISProteus, los circuitos eléctricos implementados.
- Integrar nuevos componentes eléctricos que puedan ser utilizados con la plataforma Arduino.
- Realizar el estudio para diseñar e implementar nuevas prácticas de laboratorio con la plataforma Arduino.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bassi, E. (May 2013). *Arduino Project Book*. Torino, Italia: Projects and text by Scott Fitzgerald and Michael Shiloh Additional text review by Tom Igoe.
- [2] C.V., A. E. (2014, 4 22). *Sensor de agua grove*. Retrieved Oct 27, 2015, from <http://www.agelectronica.com>
- [3] Carrera Montalvo, A. (2012, enero 22). *Sensores de Nivel*. Retrieved Feb 16, 2016, from <http://es.slideshare.net/AlanMontalvo/sensores-de-nivel-11210794>
- [4] Contextos. (2006). *Topologías de Red*. Retrieved Oct 15, 2015, from http://www.deugarte.com/wiki/contextos/Topolog%C3%ADas_de_red
- [5] Evan, M., Noble, J., & Hochenbaum, J. (2013). *Arduino in action*. Manning. ISBN: 9781617290244.
- [6] Fernández Valdivieso, C., & Matías Maestro, I. R. (2004). *El Proyecto Domótico*. Metodología para la elaboración de proyectos y aplicaciones domóticas, Madrid.
- [7] Fernández, D., & Zaragoza, Ó. (1998). *Creación de una casa inteligente*. Retrieved Oct 9, 2015, from <http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/ING-TELECO/proyectos/trabajos/grupo5/doc.htm>
- [8] Henao Merchán, Ó. D. (2006). *Harbware Y Software Domótico*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico, Universidad Pontificia Bolivariana, Escuela de ingenierías. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Medellín, Colombia.
- [9] Labs, Á. (2015). *Principios de auto-fabricación electrónica: Arduino + Grove. Guía Académica*. Lima.
- [10] Legrá Matos, C. (2015). *Utilización de la plataforma de Arduino Uno con fines docentes*. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Automática, Universidad de Oriente, Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Control Automático, Santiago de Cuba.
- [11] Lledó, E. (2012). *Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino*. Proyecto Final de Carrera, Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas, Universitat Politècnica de València, Escola Tècnica Superior d' Enginyeria Informàtica.

- [12] Minakawa, R., & otros. (2012). *Curso introductorio de Arduino*. Universidad Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Grupo de Robótica, Brasil.
- [13] Pantoja, Y. (2012, Oct 30). *Sensores de Gases*. Retrieved Oct 13, 2015, from <http://es.slideshare.net/Dabyus/sensores-de-gases>
- [14] PROMETEC. (2015, Oct 8). *Los sensores PIR*. Retrieved Dic 5, 2015, from <http://www.prometec.net/sensor-pir/>
- [15] Rodarte Dávila, J., & otros. (2013). *Casa Inteligente y segura (Fase 2)*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez.
- [16] Romero Morales, C., Vázquez Serrano, F., & De Castro Lozano, C. (2005). *Domótica e Inmótica. Edificios y Viviendas Inteligentes*. España: Madrid: Ra-Ma.
- [17] Sabaca, M. (2006). *Gm - automatismos y cuadros eléctricos*. España: Mcgraw Hill Editorial.
- [18] San Miguel Martín, C. (2012). *Diseño y desarrollo de un sistema de monitorización y control para un invernadero de uso doméstico*. Trabajo Fin de Carrera para acceder al Título de Ingeniero Industrial , Universidad de Cantabria, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, España.
- [19] Santa Emilia, C. (2013). *Aprenda Robótica con Arduino. Curso introductorio*. Retrieved diciembre 13, 2015, from Basado en: www.arduino.cc, www.viaspositronicas.blogspot.com y www.earthshineEelectronics.com
- [20] Soto Latorre, A. C., & Velásquez Duque, D. (2012). *Control de iluminación y temperatura por medio de un Sistema Domótico para una habitación de hospital*. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Ingeniería Mecatrónica, Antioquia, Colombia.
- [21] Topología. (2006). Retrieved Oct 14, 2015, from <http://html.rincondelvago.com/topologia>
- [22] Torres, H. (2015, Ago 6). *Sensor de gas (MQ2)*. Retrieved Dic 13, 2015, from <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-gas-mq2/>

ANEXOS

Anexo 1: Servicios de una vivienda.

Gestión de las telecomunicaciones.

La comunicación se ubica como campo vital e indispensable en todo lo relacionado con la automatización, facilitándonos la creación y la implementación de un ambiente domótico en un hogar, estas comprenden: comunicación-control, comunicación-esparcimiento y comunicación-servicios.

También llamada gestión técnica de la información, se encarga de intercambio de información entre personas y equipos dentro de la propia vivienda y de ésta con el exterior.

Dentro de las principales funciones, aplicaciones y servicios que presta la gestión de las comunicaciones se pueden mencionar:

- Control y monitoreo de toda la instalación domótica de forma remota y poder comprobar el estado actual utilizando la línea telefónica, internet, etc.
- Transmisión de alarmas activadas a centrales de seguridad, llamadas telefónicas, alertas por SMS, mensajes de voz, etc.
- Control de las instalaciones domóticas aprovechando la aplicación de la tecnología GMS mediante mensajes SMS.
- Intercomunicador interior de todos los servicios electrónicos del hogar como citofonía al televisor, portero automático al teléfono, difusión de audio y video, intercomunicadores, entre otros.
- Sistemas de comunicación con el exterior para el trabajo, salud y el tiempo libre como la teleinformación, compras por internet, teleasistencia sanitaria, teleconferencia, teletrabajo, etc.
- Mantenimiento de los equipos e instalaciones domésticas desde fuera de la vivienda para verificar el estado de funcionamiento de los dispositivos de la red domótica y programación de estos.

- Utilización del protocolo TCP/IP para el control de las redes domóticas con el empleo del HTML o applets de Java, logrando la teleoperación y monitoreo de los sistemas en un edificio.
- Integración de las redes domóticas en las redes de fibra óptica ya existentes y recurriendo a técnicas de encriptación y autenticación en el control del acceso remoto a las instalaciones de la vivienda para asegurar la privacidad y seguridad de los datos en las redes que sean públicas.

Con la ayuda de diferentes protocolos de comunicación, elementos que componen los automatismos de control y diferentes arquitecturas, los sistemas domóticos permiten al usuario una facilidad de control con los diferentes componentes de su hogar, esto es lo básico y lo primordial en el momento de fijar un nivel de confort mínimo.

Al reconocer al confort como un punto importante en la tarea de la automatización, surgen servicios que le permiten al usuario relajarse en su hogar como:

- La Activación/desactivación de dispositivos de forma inalámbrica.
- El aviso de alarmas al exterior.
- La distribución de imágenes y sonido por las pantallas TV de la casa.

Gestión del entretenimiento.

Es un nuevo servicio que está siendo utilizado ampliamente en la actualidad con la llegada de las nuevas tecnologías de la información y se encuentra muy relacionado con la gestión de las telecomunicaciones en el sentido del aprovechamiento del tiempo libre y el ocio.

Dentro de las aplicaciones que posee la gestión del entretenimiento cabe destacar:

- Radio y televisión por Internet, televisión digital Hi-Fi bajo demanda, televisión interactiva, canales virtuales, guías de programación.
- Emisiones de programas de noticias, videos musicales y audio en tiempo real.

- Juegos de consolas y videojuegos interactivos.
- Servidores multimedia para los aficionados a las descargas de video y música en formato comprimido y el uso del chat o mensajería instantánea para compartir archivos con diferentes usuarios de la red.

Gestión de servicios para discapacitados.

La domótica ofrece una serie de servicios y ayudas para personas mayores o con problemas de motricidad, cognitivos o algún tipo de minusvalía. Estas aplicaciones pueden verse en servicios como:

- Telegestión y conexión directa con el exterior para poder contar con ayudas en casos de urgencias.
- Automatización de los elementos de la vivienda, apertura de accesos y control simplificado con el usuario mediante mandos a distancia, pulsadores, escáneres o mandos por voz.
- Notificaciones de eventos por medio de señales audibles, visibles o sensibles al tacto.

Servicio de monitoreo de los sistemas y órganos vitales del usuario así como la generación de alarmas en caso de presentarse anomalías en el funcionamiento del paciente.

Anexo 2.Ventajas del empleo de Arduino. Características más generales de la placa.

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas con microcontroladores disponibles para el desarrollo de proyectos de ingeniería: Parallax Basic Stamp, BX-24 de Netmedia, Phidgets, Handyboard del MIT (Massachusetts Institute of Technology), y muchos otros ofrecen funcionalidades similares. Todas estas herramientas organizan el complicado trabajo de programar un microcontrolador en paquetes fáciles de usar. Arduino, además de simplificar el proceso de trabajar con microcontroladores, ofrece algunas ventajas respecto a otros sistemas similares, entre estas tenemos:

- Económicas: Las placas de Arduino son más baratas comparadas con otras plataformas de microcontroladores. La versión más cara de un módulo de Arduino cuesta menos de 60€.
- Multi-Plataforma: El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los entornos para microcontroladores están limitados a Windows.
- Entorno de programación simple y directo: El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes y lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados. Pensando en los profesores, Arduino está basado en el entorno de programación de *Processing* con lo que el estudiante que aprenda a programar en este entorno se sentirá familiarizado con el entorno de desarrollo Arduino.
- Software ampliable y de código abierto: El software Arduino está publicado bajo una licencia libre y puede ser ampliado por programadores experimentados. El lenguaje puede ampliarse a través de librerías de C++, y si se está interesado en profundizar en los detalles técnicos, se puede dar el salto a la programación en el lenguaje AVR C en el que está basado.

- Hardware ampliable y de Código abierto: Arduino está basado en los microcontroladores ATmega168, ATmega328y ATmega1280. Los planos de los módulos están publicados bajo licencia *Creative Commons*, por lo que diseñadores de circuitos con experiencia pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo u optimizándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión para placa de desarrollo para entender cómo funciona y ahorrar algo de dinero.

La tabla 1 muestra un resumen de las características más importantes de la placa Arduino UNO.

Tabla 1.Resumen de las características del hardware Arduino UNO.

Características	Descripción
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje operativo	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7 - 12 V
Voltaje de entrada (límites)	6 - 20 V
Pines digitales E/S	14 (6 proporcionan salidas PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para pines E/S	40 mA
Corriente continua para pines de 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son para el <i>bootloader</i> , cargador de arranque.
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad del reloj	16 MHz

Anexo 3. Módulo Sensor de luz CyL (SEN11302).

Es un sensor de la gama conectar y listo diseñado específicamente para Arduino. Este módulo consta de una fotorresistencia GL5528 para detectar la intensidad de la luz en el ambiente, cuyo valor depende de la intensidad de luz que recibe, a mayor cantidad de luz, menor resistencia. También posee un amplificador operacional LM358 configurado como seguidor de tensión y un conector de 4pines.

La tabla 2 muestra las características electrónicas del sensor de luz CyL.

Tabla 2. Especificaciones del módulo sensor de luz.

Artículos	Condiciones	Min	Tipo	Max	Unidad
Características del sistema					
VCC	-	3	5	30	V
Corriente de suministro	-	0.5	-	3	mA
Características del fotorresistor					
Resistencia a la luz	10Lux	8	-	20	KW
Resistencia oscuro	0Lux	-	1	-	KW
100y10	-	-	0.6	-	-
Tiempo de respuesta	Creciente	-	20	-	S
	Decreciente	-	30	-	S
Longitud de onda máxima	-	-	540	-	Nm
Temperatura ambiente	-	-30	-	70	°C

Anexo 4. Módulo Sensor de Temperatura CyL (SEN23292P).

Es un sensor de la gama conectar y listo diseñado específicamente para Arduino. Este módulo usa un termistor TTC3A103_34D que retorna la temperatura ambiente por medio de la variación de la resistencia que luego se utilizapara alterar Vcc (5Ven el Arduino). Luego convierte ese valor del voltaje medido por el puerto analógico en temperatura. Su rango de operación es de -40 a 125°C con una precisión de +/-1.5%.

La tabla 3 muestra las características electrónicas del sensor de temperatura Grove.

Tabla 3. Especificaciones sensor de temperatura Grove.

Artículo	Min	Típico	Max	Unidad
Dimensiones	2.0 x 2.0			Cm
VCC	3.3	5	30	V
Corriente	0.5	-	5	mA

La tabla 4 muestra las características electrónicasdel termistor TTC3A103_34D.

Tabla 4. Especificaciones del termistor TTC3A103_34D.

Modelo	Tolerancia de la resistencia [+/-%]	Máxima potencia [mV]	Disipación térmica [mW/°C]	Cte térmica de tiempo [sec]
TTC3A103_34D	3	150	>2.5	<18

Anexo 5. Módulo Sensor de Humedad del Suelo CyL (SEN92355P).

El sensor de humedad del suelo es utilizado para realizar mediciones de humedad relativa en tierra donde se coloque, este sensor es de muy fácil uso, solo debe ser conectado al Arduino, enterrado en la tierra y leerlo.

La tabla 5 muestra las características electrónicas del sensor de humedad del suelo.

Tabla 5. Especificaciones sensor de humedad del Suelo..

Artículo	Parámetros	Min	Típico	Max	Unidad
VCC	-	3.3	-	5	V
Corriente	-	0	-	35	mA
Valor de salida	Sensor seco	0	-	300	-
	Sensor humedo	300	-	700	-
	Sensor sumergido en agua	700	-	950	-

La figura 1 muestra las dimensiones del sensor de humedad del suelo.

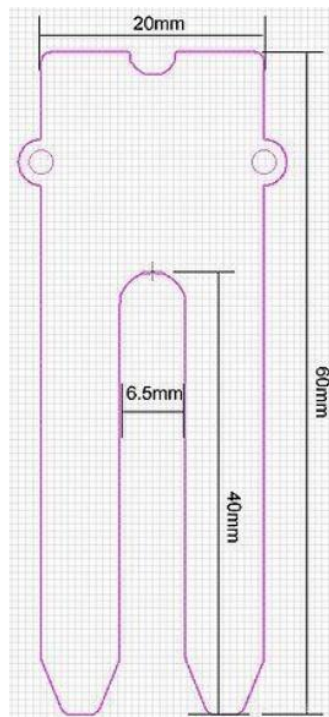


Figura 1: Dimensiones del sensor de humedad del suelo.

Anexo 6. Módulo Sensor de Agua CyL (SEN11304P).

El módulo sensor de agua es parte del sistema Grove. Indica si el sensor está seco, húmedo o completamente sumergido en agua mediante la medición de la conductividad. Las pistas del sensor tienen una pequeña resistencia pull-up de 1MΩ. El resistor pondrá en alto la salida hasta que una gota de agua ponga en corto a dicho sensor con tierra. Este circuito trabaja con los pines digitales de la placa ARDUINO (E/S) o con los pines analógicos para detectar la cantidad de contacto entre las pistas de dicho sensor y tierra.

Características:

- Interfas compatible Grove.
- Bajo consumo de energía.
- Módulo grove 2.0cm x 2.0cm.
- Alta sensibilidad.

Aplicaciones:

- Detección de lluvia
- Fugas de líquido
- Detector de desbordamiento de agua.

La tabla 6 muestra los detalles técnicos en las que opera el sensor de agua CyL.

Tabla 6. Especificaciones del sensor de agua.

Artículo	Min	Típico	Max	Unidad
Voltaje de trabajo	4.75	5.0	5.25	V
Corriente	<20			mA
Temperatura de trabajo	10	-	30	°C
Humedad de trabajo	10	-	90	%

Anexo 7. Módulo Sensor PIR CyL (SEN32357P).

El sensor PIR (Pasive-infra-red o infrarrojo pasivo), es un dispositivo piroeléctrico que mide cambios en los niveles de radiación infrarrojo emitida por los objetos a su alrededor. Como respuesta al movimiento, el sensor cambia el nivel lógico de una terminal, por lo cual su uso es extremadamente simple. Adicionalmente es un sensor de bajo costo y reducido tamaño muy utilizado en sistemas de alarmas, iluminación controlada por movimiento y aplicaciones de robótica.

El sensor PIR cuenta solamente con tres terminales. Dos de ellas se utilizan para la alimentación y la restante es la salida de detección de movimiento o pin de salida. El voltaje de alimentación es de 5 Volts, el rango de medición es de hasta 6 metros, la salida que se obtiene, en cuanto al voltaje, es de un estado lógico de una terminal TTL (Transistor Transistor Logic) y tiene una polaridad de activación de salida seleccionable así como un mínimo de tiempo de calibración.

La tabla 7 muestra los detalles técnicos en las que opera el sensor PIR CyL.

Tabla 7. Especificaciones del sensor PIR.

Artículo	Min	Típico	Max	Unidad
Dimensiones	2.0 x 4.0			cm
VCC	3.3	-	5	V
Corriente	0.5	-	5	mA
Detección de ángulo	120			Grados
Tiempo de detección	10	-	60	Seg
Distancia máxima	6			m

Anexo 8. Módulo Sensor de Gas y Humo MQ2 CyL (SEN90512P).

El sensor de gas analógico (MQ2) se utiliza en la detección de fugas de gas de equipos en los mercados de consumo y la industria, este sensor es adecuado para la detección de gas LP, i-butano, propano, metano, alcohol, hidrógeno, tiene una alta sensibilidad, un tiempo de respuesta rápido Y dicha sensibilidad puede ser ajustada por el potenciómetro.

Este pequeño sensor de gas detecta la presencia de gas combustible y humo en concentraciones de 300 a 10.000 ppm. Incorpora una sencilla interfaz de tensión analógica que únicamente requiere un pin de entrada analógica del microcontrolador. Con la conexión de cinco voltios en los pines el sensor se mantiene lo suficientemente caliente para que funcione correctamente. Solo tiene que conectar 5V a cualquiera de los pines (A o B) para que el sensor emita tensión. La sensibilidad del detector se ajusta con una carga resistiva entre los pines de salida y tierra.

Condiciones de trabajo:

- Voltaje de circuito: 5V.
- Voltaje de calentamiento: 5V.
- Resistencia de carga: puede ser ajustable.
- Resistencia del calentador: $33\Omega \pm 5\%$.
- Consumo: menos de 800mW.

A continuación se muestra las típicas características de sensibilidad del MQ-2 durante varios gases:

- Temperatura: 20 °C.
- Humedad: 65%.
- Concentración de O₂ 21%.
- $R_L = 5k\Omega$.
- R_o : resistencia del sensor a 1000 ppm de H_2 en el aire limpio.
- R_s : resistencia del sensor en varias concentraciones de gases.

En la siguiente gráfica se compara el comportamiento del sensor en la detección de diferentes gases combustibles, como se muestra en la figura2.

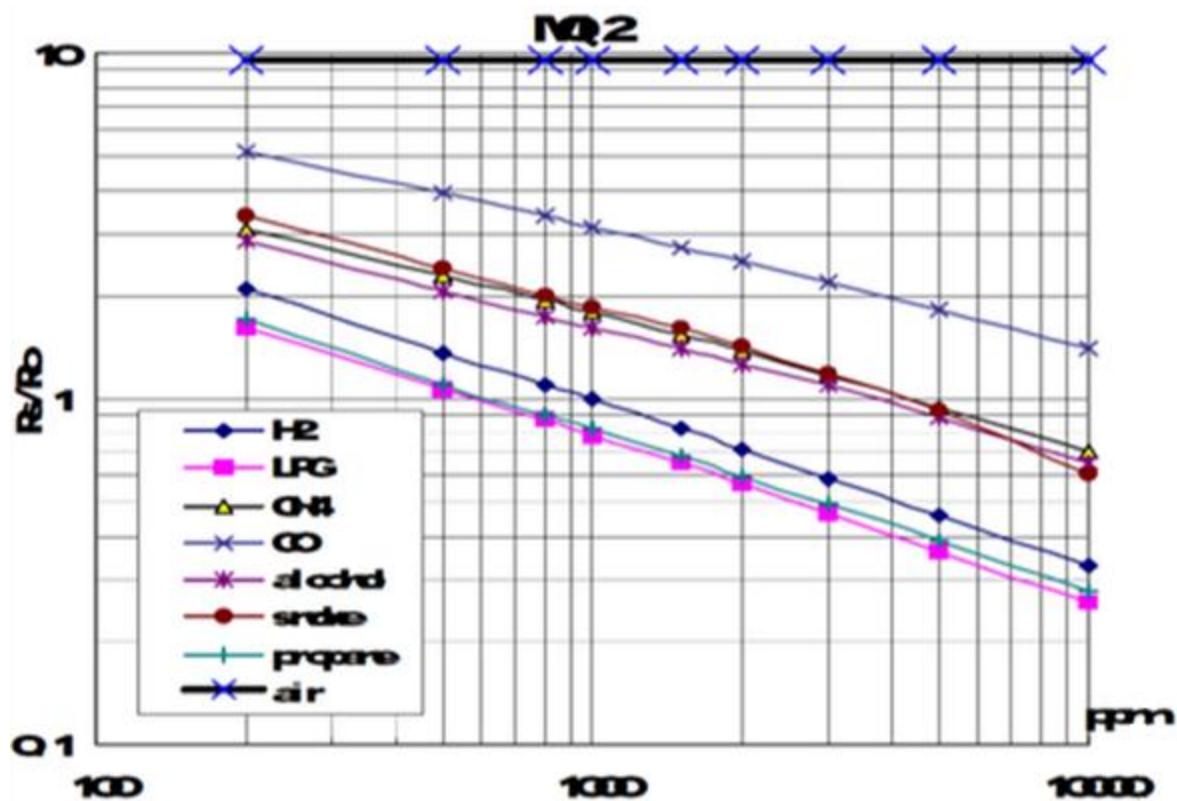


Figura 2: Gráfica R_s/R_o vs ppm para diferentes gases.

Anexo 9. Módulo Relé 5V CyL (COM22639P).

El relé es un interruptor digital normalmente abierto que controla un relé capaz de conmutar voltajes y corrientes mucho más altas que las placas Arduino normales. Cuando se establece en ALTO, el LED se iluminará y el relé se cerrará permitiendo que la corriente fluya. La máxima tensión de pico es de 250 Volt a 10 amperios.

Dimensiones: 42.00mm*24.00mm*19.50mm.

La tabla 8 muestra las características electrónicas del sensor de temperatura Grove.

Tabla 8. Especificaciones sensor de temperatura Grove.

Parámetros	v1.1	v1.2
Voltaje de Operación	5V	3.3V~5V
Corriente de Operación	60mA	100mA
Tiempo útil	100,000 Ciclos	100,000 Ciclos
Voltaje máximo conmutado	250VAC/30VDC	250VAC/30VDC
Corriente máxima conmutada	5A	5A

Anexo 10. Pantalla de Cristal Líquido (LCD).

En la tabla 9 se muestra el significado de las señales de cada pin.

Tabla 9. Pines de la Pantalla de Cristal Líquido.

Significado de los pines del LCD		
1	GND	0 V
2	VDD	Alimentación (5 V)
3	V0	Ajuste del contraste con un potenciómetro o una resistencia de 2.2 k Ω a 0 V.
4	RS	Selección de registro.
5	R/W	Lectura/Escritura, la ponemos a 0 V porque solo vamos a escribir.
6	E	Habilitación del display.
7	DB0	(Solo para transmitir datos a 8 bits, cosa que no será necesaria nunca).
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	BUS de transmisión de datos a 4 bits.
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	BL1	5 V con una resistencia de 220 Ω (Para LCD con retroiluminación).
16	BL2	0V (Para LCD con retroiluminación).

Anexo 10.Programación de las placas Arduino UNO.

Placa Arduino UNO #1.

```
// Luces Interiores:
intpres_2 = 2;
int pres_1 = 3;
int rele_int_2 = 4;
int rele_int_1 = 5;
// Luces Exteriores:
intrele_ext = 6;
// Humedad del Suelo:
intrele_hum = 7;
// Nivel:
intrele_nivel = 8;

voidsetup() {
// Luces Interiores:
pinMode(pres_1, INPUT);
pinMode(pres_2, INPUT);
pinMode(rele_int_1, OUTPUT);
pinMode(rele_int_2, OUTPUT);
// Luces Exteriores:
pinMode(rele_ext, OUTPUT);
// Humedad del Suelo:
pinMode(rele_hum, OUTPUT);
// Nivel:
pinMode(rele_nivel, OUTPUT);
digitalWrite(rele_hum,HIGH);}

voidloop() {
// Luces Interiores:
    if(digitalRead(pres_1) == 1){
        digitalWrite(rele_int_1,HIGH);}
    else{
        digitalWrite(rele_int_1,LOW);}
    if(digitalRead(pres_2) == 1){
        digitalWrite(rele_int_2,HIGH);}
    else{
```

```

        digitalWrite(rele_int_2, LOW);}
// Luces Exteriores:
int valor_luz = analogRead(0);
    if(valor_luz<300){
        digitalWrite(rele_ext, HIGH);}
    else{
        digitalWrite(rele_ext, LOW);}
// Humedad del Suelo:
int valor_hum = analogRead(1);
int nivel_maxi = analogRead(3);
    if(valor_hum<300 && nivel_maxi<150){
        digitalWrite(rele_hum, HIGH);}
    if(valor_hum>400){
        digitalWrite(rele_hum, LOW);}
// Nivel:
int nivel_mini = analogRead(2);
    if(nivel_mini>150){
        digitalWrite(rele_nivel, HIGH);}
    if (nivel_maxi<150){
        digitalWrite(rele_nivel, LOW);}
}

```

Placa Arduino UNO #2.

```

#include<LiquidCrystal.h>
// Temperatura:
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
int brillo;
const int Led_Rojo = 9;
const int Led_Azul = 6;
const int rele_vent = 7;
float temp;
float res;
// Gas:
#define MQ1 (1)
#define RL_VALOR (5)
#define RAL(9.83)
float LPCurve[3] = {2.3, 0.21, -0.47}; //Valores Curva del gas LP

```

```

floatRo = 10;
intppm_limite = 10;
constintrele_gas = 10;
booldisplay_flag = true;

voidsetup() {
// Temperatura:
pinMode(rele_vent, OUTPUT);
pinMode(Led_Rojo, OUTPUT);
pinMode(Led_Azul, OUTPUT);
lcd.begin(16, 2);
//GAS:
Ro = Calibracion(MQ1); //Calibrar el sensor.
pinMode(rele_gas, OUTPUT);}

voidloop() {
rutina_temp();
rutina_gas();}

voidrutina_temp(){
// Temperatura:
int a = analogRead(0);
res = (float)(1023-a)*10000/a;
temp = 1/(log(res/10000)/3975+1/298.15)-273.15;

    if(display_flag){
        lcd.setCursor(2,0);
        lcd.print("TEMPERATURA:");
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print(temp);
        lcd.setCursor(10,1);
        lcd.print("*C");}

brillo = map(temp, 25, 29, 0, 255);
brillo = constrain(brillo, 0, 255);
analogWrite(Led_Rojo, brillo);
analogWrite(Led_Azul, 255 - brillo);

```

```

    if(temp >29){
        digitalWrite(rele_vent,HIGH);}
    if(temp <25){
        digitalWrite(rele_vent,LOW);}
}

void rutina_gas (){
    float rs_ro_ratio = lecturaMQ(MQ1)/Ro;
    int ppm = porcentaje_gas(rs_ro_ratio,LPCurve);
    if(ppm >ppm_limite){
        if(display_flag){
            display_flag = false;
            lcd.clear();}
        //Mostrar alerta en el Display
        lcd.setCursor(4,0);
        lcd.print("*ALERTA*");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("Niv Gas: ");
        lcd.setCursor(9,1);
        lcd.print(ppm);
        lcd.setCursor(13,1);
        lcd.print(" ppm");
        digitalWrite(rele_gas, HIGH);}
    elseif(!display_flag){
        display_flag = true;
        lcd.clear();}
    digitalWrite(rele_gas, LOW);}
}

//METODOS AUXILARES (GAS)
float calc_res(int raw_adc){
    return ( ((float)RL_VALOR*(1023-raw_adc)/raw_adc));}

float Calibracion(float mq_pin){
    int i;
    float val=0;

    for(i=0;i<10;i++) {
        val += calc_res(analogRead(mq_pin));
        delay(500);}
}

```

```
val = val/50;  
val = val/RAL;  
return val;}
```

```
float lecturaMQ(int mq_pin){  
    int i;  
    float rs=0;  
    for (i=0;i<5;i++) {  
        rs += calc_res(analogRead(mq_pin));  
        delay(50); }  
    rs = rs/5;  
    return rs;}
```

```
int porcentaje_gas(float rs_ro_ratio, float *pcurve){  
    return (pow(10, (((log(rs_ro_ratio)-pcurve[1])/pcurve[2]) + pcurve[0])));}
```