



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TEMA:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO DISTRIBUIDO
APLICADO A UN PROTOTIPO PARA SERVICIO DE CONFORT**

AUTOR:

Guadalupe Coello, Paúl Alejandro

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

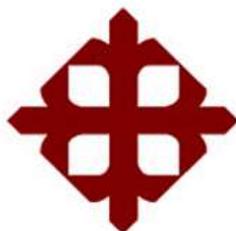
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando

Guayaquil, Ecuador

14 de febrero del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el
Sr. **Guadalupe Coello, Paúl Alejandro** como requerimiento para la
obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO.**

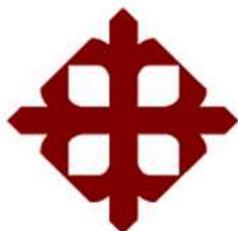
TUTOR

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Guadalupe Coello, Paúl Alejandro**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO DISTRIBUIDO APLICADO A UN PROTOTIPO PARA SERVICIO DE CONFORT**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2020

EL AUTOR

GUADALUPE COELLO, PAÚL ALEJANDRO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Guadalupe Coello, Paúl Alejandro**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO DISTRIBUIDO APLICADO A UN PROTOTIPO PARA SERVICIO DE CONFORT”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2020

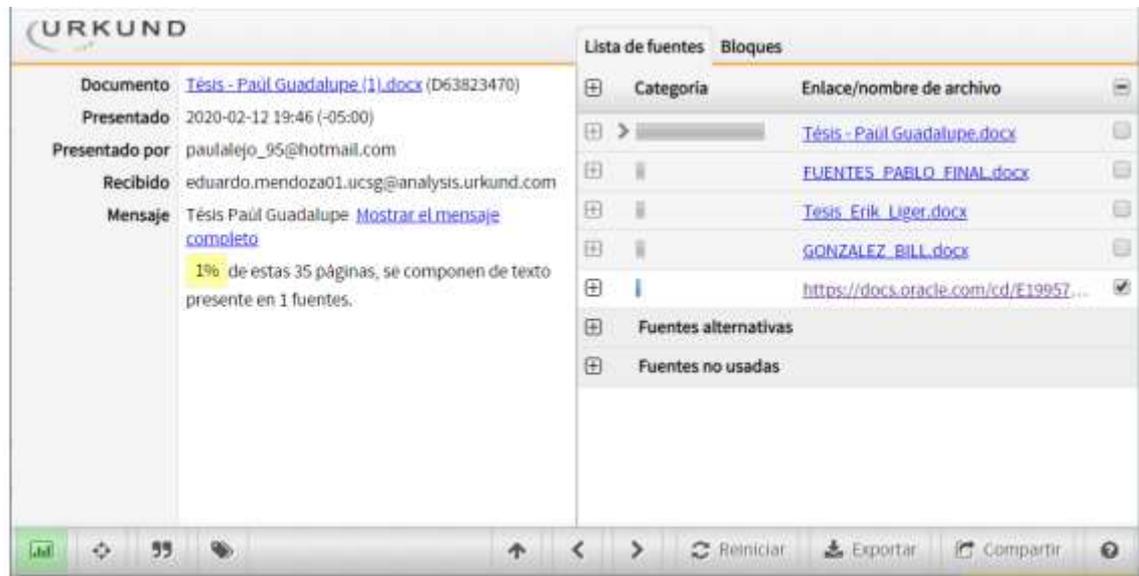
EL AUTOR

GUADALUPE COELLO, PAÚL ALEJANDRO

**REVISIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN CON PROGRAMA URKUND
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO**

TÍTULO: “Diseño de un sistema de control domótico distribuido aplicado a un prototipo para servicio de confort”.

AUTOR: GUADALUPE COELLO PAÚL ALEJANDRO



Después de analizar el resultado enviado por el programa Urkund, se determinó que el trabajo de titulación del estudiante: **GUADALUPE COELLO PAÚL ALEJANDRO**, observa un porcentaje inferior al 2% de coincidencias con otros documentos encontrados en el internet.

.....
Ing. Eduardo Mendoza Merchán, Mgs
DOCENTE OPONENTE

DEDICATORIA

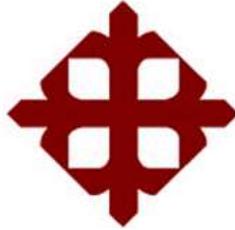
Dedico este trabajo a mis padres y hermanos ya que son los pilares en mi formación, por su apoyo incondicional y porque son la motivación principal para seguir cumpliendo mis objetivos.

Paúl Alejandro Guadalupe Coello

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por siempre estar para mí, por apoyarme y darme la fortaleza para luchar en cada momento de esta etapa y en general a las personas que aportaron su ayuda para poder cumplir con este objetivo.

Paúl Alejandro Guadalupe Coello



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____

M. Sc. HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

M. Sc. MENDOZA MERCHÁN, EDUARDO VICENTE
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	2
CAPTÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	5
1.1. Planteamiento del problema	5
1.2. Justificación	6
1.3. Delimitación	6
1.4. Objetivos	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos	7
1.5. Metodología de la investigación.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Estados del arte	10
2.2. Domótica.....	15
2.2.1. Beneficios de la domótica.....	17
2.2.2. Arquitectura de control domótico	19
2.3. Microcontroladores.....	22
2.3.1. Clasificación de los microcontroladores	23
2.3.2. Aplicaciones de los microcontroladores.....	24
2.3.3. Clasificación según la longitud de bus de datos	25
2.3.4. Clasificación según el set de instrucciones	26
2.4. Sistemas de control distribuido	27
2.4.1. Arquitectura de un sistema de control distribuido	28
2.4.2. Componentes esenciales en un sistema de control distribuido.....	30
2.4.3. Arquitectura piramidal del Sistema de Control Distribuido	32
2.5. Redes de sensores inalámbricas (WSN).....	34
2.5.1. Aplicaciones de redes de sensores (WSN)	36
2.5.1.1. Aplicaciones en vivienda.....	37
2.5.1.2. Otras aplicaciones de la WSN.....	38
2.5.2. Topologías de red	39
2.5.2.1. Red en bus.....	39
2.5.2.2. Red en anillo	40

2.5.2.3.	Red en estrella	40
2.5.2.4.	Red en malla	41
2.5.3.	Red ad hoc	41
2.5.3.1.	Características de la red ad-hoc	43
2.5.3.2.	Aplicación de las redes ad hoc	44
2.5.4.	Protocolo de comunicación TCP/IP.....	46
2.5.4.1.	Capas TCP/IP	46
2.5.4.2.	Características de TCP/IP	48
2.5.4.3.	Funciones de TCP/IP	49
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO		50
3.1.	Consideraciones generales del sistema automatizado	50
3.1.1.	Descripción general del sistema domótico	50
3.1.2.	Caracterización del sistema.....	52
3.1.3.	Funciones del sistema	54
3.2.	Análisis de red.....	55
3.2.1.	Arquitectura de red	55
3.2.2.	Topología de la red inalámbrica	56
3.2.3.	Plano	57
3.2.4.	Análisis del diseño del hardware del sistema.....	58
3.3.	Análisis del diseño del software del sistema	66
3.3.1.	Diseño del software	66
3.3.2.	Diseño del software para la interfaz de usuario.....	70
3.4.	Pruebas de funcionamiento	71
3.4.1.	Pruebas de cobertura del teléfono celular frente a los nodos	72
3.4.2.	Pruebas de tiempo de respuesta.....	73
3.4.3.	Pruebas cobertura entre los módulos inalámbricos.....	74
3.5.	Costos de implementación.....	76
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN		77
4.1.	Presentación de resultados	77
4.1.1.	Resultados referentes al estado del arte	77
4.1.2.	Resultados del Hardware	77
4.1.3.	Resultados del software	79
4.1.4.	Resultados de pruebas del proyecto	79
4.2.	Discusión de resultados	80
4.2.1.	Cumplimiento de los objetivos.....	80
4.2.1.1.	Objetivo general	80

4.2.1.2. Objetivos específicos	80
4.2.1.3. Cumplimiento de la metodología	81
4.2.2. Cumplimiento de la solución del problema de investigación	81
4.2.3. Discusión final.....	81
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1. Conclusiones	83
5.2. Recomendaciones	84
5.3. Trabajos a futuro.....	84
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS.....	92

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1. Vivienda inteligente.....	16
Figura 2.2. Arquitectura básica de un sistema domótico.....	17
Figura 2.3. Arquitectura centralizada.....	20
Figura 2.4. Arquitectura descentralizada.....	20
Figura 2.5. Arquitectura distribuida.....	21
Figura 2.6. Arquitectura mixta.....	21
Figura 2.7. Estructura de un microcontrolador.....	23
Figura 2.8. Arquitectura Von Neumann	24
Figura 2.9. Arquitectura Harvard	24
Figura 2.10. Arquitectura típica de un sistema distribuido	29
Figura 2.11. Interfaz Hombre-Máquina	33
Figura 2.12. Arquitectura de un sistema de control distribuido	34
Figura 2.13. Arquitectura de una red de sensores inalámbricos	35
Figura 2.14. Red en bus	39
Figura 2.15. Red en anillo	40
Figura 2.16. Red en estrella	41
Figura 2.17. Red en malla	41
Figura 2.18. Redes inalámbricas basadas en infraestructura.....	42
Figura 2.19. Ad hoc inalámbrico	43
Figura 2.20. Capas del TCP/IP	48

Capítulo 3

Figura 3.1. Arquitectura distribuida del sistema elaborada.....	50
Figura 3.2. Esquema general del sistema domótico	51
Figura 3.3. Estructura de los nodos sensores	52
Figura 3.4. Diagrama de flujo general del sistema	53
Figura 3.5. Arquitectura del sistema domótico	56
Figura 3.6. Topología de conexión entre los nodos (malla).....	57
Figura 3.7. Plano de maqueta elaborada	57

Figura 3.8. Nodo Gateway	58
Figura 3.9. Componentes del nodo Gateway (NG)	59
Figura 3.10. Esquema eléctrico del primer nodo (Nodo Gateway)	59
Figura 3.11. Primero nodo (Nodo Gateway)	60
Figura 3.12. Componentes del nodo dos (NS)	60
Figura 3.13. Esquema eléctrico del segundo nodo (Nodo sensor)	61
Figura 3.14. Segundo nodo (Nodo sensor)	61
Figura 3.15. Componentes del nodo tres (Nodo sensor)	62
Figura 3.16. Sistema eléctrico del tercer nodo (Nodo sensor)	62
Figura 3.17. Tercer nodo (Nodo sensor)	63
Figura 3.18. Componentes del cuarto nodo (Nodo sensor)	63
Figura 3.19. Esquema eléctrico del Cuarto nodo (Nodo sensor)	64
Figura 3.20. Cuarto nodo (Nodo sensor)	64
Figura 3.21. Comunicación inalámbrica entre los nodos sensores	65
Figura 3.22. Conexión del sistema domótico	65
Figura 3.23. Conexión del nodo Gateway	67
Figura 3.24. Redes y direccionamiento IP	67
Figura 3.25. Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo 2	68
Figura 3.26. Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo 3	69
Figura 3.27. Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo 4	70
Figura 3.28. Interfaz de usuario para control del sistema	71
Figura 3.29. Resultados de prueba de cobertura del teléfono frente a los nodos	73
Figura 3.30. Resultados de prueba del tiempo de respuesta del sistema implementado ...	74
Figura 3.31. Resultados de prueba de cobertura entre los módulos inalámbricos	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Resultados de prueba de cobertura del teléfono frente a los nodos	72
Tabla 3. Resultados de tiempo de respuesta	73
Tabla 4. Pruebas de cobertura entre los módulos inalámbricos	75
Tabla 1. Descripción de materiales con sus respectivos costos.....	76

RESUMEN

En este trabajo se describe el desarrollo de un sistema de control domótico distribuido utilizando como medio de comunicación inalámbrica (WIFI) entre los módulos ESP8266. El sistema basa su funcionamiento con módulos uno y nano para el control de los diferentes sensores y actuadores. El proyecto está enfocado en la domótica, específicamente en el campo de la iluminación y climatización que permita a los habitantes del hogar controlar varios elementos basados en parámetros establecidos, el proyecto se lo presentará por medio de una maqueta a escala ejecutando el funcionamiento de cada dispositivo, simulando una vivienda la cual permita contemplar la interacción entre la interfaz hombre-máquina (HMI) y el usuario, mediante el uso de un dispositivo inteligente que tenga acceso a la plataforma Android, la elaboración del sistema está compuesto por elementos de bajo costo para que sea de fácil adquisición. Como resultado de este trabajo de titulación, se desarrolló una arquitectura distribuida conformada por tres nodos sensores encargados de censar las variables frente al entorno y ejecutar las órdenes del usuario según lo que este programado y un nodo gateway encargado de enlazar la red doméstica con la red de sensores. Se realizaron diferentes pruebas la cual permitieron determinar la distancia máxima en la que puede operar los nodos y el teléfono, al igual que el tiempo de respuesta del sistema.

Palabras clave: DOMÓTICA, COMUNICACIÓN, ESP8266, HMI, ANDROID, WIFI.

ABSTRACT

This work shows the development of a domotic distributed control system using ESP8266 modules as wireless communication means (WIFI), the system bases its operation with arduinos uno and nano for the control of the different sensors and actuators. The project is focused on domotic, specifically in the field of lighting and air conditioning that allows the inhabitants of the home to control several elements based on established parameters, this will be presented through a scale model executing the operation of each device, simulating a home which allows to contemplate the interaction between the human-machine interface (HMI) and the user, through the use of an intelligent device that has access to the Android platform, the development of the system is composed of low-cost elements to make it easy to acquire. As a result, a distributed architecture was developed, formed by three node sensors which are responsible for censoring the variables against the environment and executing the user's orders according to what is programmed, a Gateway node is responsible for linking the home with the sensors network. Different tests were carried out which allowed to determine the maximum distance in which the nodes and the telephone can operate, as well as the response time of the system

Keywords: DOMOTIC, COMMUNICATION, ESP8266, HMI, ANDROID, WI-FI.

INTRODUCCIÓN

El sistema de automatización del hogar está creciendo rápidamente, estos se usan para brindar comodidad, conveniencia, calidad de vida y seguridad a los residentes. Hoy en día, la mayoría de los sistemas de automatización del hogar se utilizan para proporcionar facilidad a las personas mayores y discapacitadas, que reducen el trabajo doméstico y la administración del hogar mediante su sistema de automatización y monitoreo. El sistema domótico se puede diseñar y desarrollar en base al análisis de los requisitos del cliente y el presupuesto financiero para los requisitos del sistema, ya sea iniciando con un solo controlador que tenga la capacidad de controlar y monitorear diferentes dispositivos interconectados, tales como enchufes, luces, sensores de temperatura y humedad, detectores de humo, gas y fuego, así como sistemas de emergencia y seguridad. Una de las mayores ventajas del sistema de automatización del hogar es que puede controlarse y administrarse fácilmente desde una variedad de dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras de escritorio y computadoras portátiles. El rápido crecimiento de las tecnologías inalámbricas nos influye en el uso de teléfonos inteligentes para controlar y monitorear de forma remota los electrodomésticos de todo el mundo. Varios sistemas de automatización del hogar utilizan teléfonos inteligentes para comunicarse con microcontroladores que utilizan diversas plataformas de comunicación inalámbrica como Bluetooth, GSM, ZigBee, Wi-Fi y EnOcean. Las aplicaciones para teléfonos inteligentes se utilizan para conectarse a la red, de modo que los usuarios autorizados puedan ajustar la configuración del sistema en sus dispositivos personales. Los diferentes tipos de sistemas de automatización del hogar ofrecen una amplia gama de funciones y servicios, algunas de las

características comunes son el control de aparatos, el control del termostato, la iluminación del control remoto, la vigilancia de video en vivo, la cámara de seguridad del monitor, las alertas de texto en tiempo real.

Los sistemas domésticos inteligentes se introducen utilizando sistemas cableados o remotos. Los gastos del sistema cableado son bajos, sin embargo, la ausencia de problemas en el establecimiento generalmente lo convierte en la segunda opción. El costo, el control, el consumo de energía y la ejecución son los criterios de determinación fundamentales para los sistemas remotos. La tecnología Bluetooth tiene un alcance muy limitado y la conexión es uno a uno, mientras que permite una alta velocidad de datos y un bajo consumo de energía. En especial, la función de conexión uno a uno carece de la posibilidad de usarla en un sistema doméstico inteligente. El infrarrojo también tiene rango y se limita a automatizar un dispositivo solo dentro de su rango específico. Aunque Zigbee tiene un alto rango y un bajo consumo de energía, su costo restringe el uso extensivo, también requiere una plataforma adicional para la comunicación por Internet. El concepto de casa inteligente a gran escala consiste en una gran cantidad de sistemas físicos que deben ser monitoreados y controlados utilizando redes de comunicación y medios de comunicación. Al contrario, el módulo Wi-Fi es más económico que el módulo Zigbee y proporciona comunicación entre el usuario y el hogar a través de Internet.

En este trabajo se propone realizar una vivienda inteligente con comunicación wi-fi de bajo costo manejándolo de forma manual ya sea por un teléfono inteligente con la plataforma Android o autónoma donde el sistema

realizará el control por sí solo dependiendo el entorno. Por lo tanto, se invita al lector a conocer el proceso de la realización del trabajo a continuación.

CAPTÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

Debido a las innovaciones tecnológicas de las últimas décadas, el paradigma de las viviendas se encuentra en este momento en cambios constantes. Hoy en día existen varias arquitecturas para la realización de los sistemas domóticos, sin embargo, se suele recurrir a los sistemas con arquitectura centralizada, donde la información recae en un solo controlador que se conecta a todos los dispositivos, en la cual será el único en poder recibir los datos enviados por los sensores y a su vez, el sistema poder tomar decisiones y enviar la información procesada a los actuadores emitiendo una respuesta frente al entorno (Monteiro, Tome, Albuquerque, 2015). Este proceso de cambio de información genera lentitud al momento que los sensores y actuadores se comuniquen con el controlador. Con este tipo de arquitectura se presenta grandes inconvenientes, la total dependencia de la unidad de control, lo que hace al sistema tener una respuesta lenta frente a las variables recibidas y en caso de que ocurra una avería deja a todo el sistema automatizado fuera de funcionamiento, la inflexibilidad, siendo un sistema limitado por la capacidad del microcontrolador, donde llegará a un punto al que no podrán conectarse más dispositivos, provocando una colisión del mismo, a su vez, el alto costo de instalación de equipos y la realización de los respectivos mantenimientos preventivos y correctivos que se deberán ejecutar con el sistema fuera de funcionamiento. En base a lo mencionado se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿El uso de una arquitectura distribuida en un sistema domótico mejorará el rendimiento y permitirá realizar un sistema escalable y robusto?

1.2. Justificación

El tema del trabajo propuesto es de actualidad, debido a los desafíos que impone las exigencias del sector residencial y de la construcción en cuanto a procesos de automatización inteligente, que permitan a las viviendas modernas disponer de nuevas tecnologías para generar las funciones básicas de la domótica, como son el confort, la seguridad y el ahorro energético. Para minimizar el obstáculo mencionado, se describe la arquitectura de un sistema distribuido de domótica. El sistema propuesto está constituido por un microcontrolador (Arduino nano) independiente por división. Este controla directamente los diversos dispositivos existentes en esa división sin la necesidad de elementos externos. De este modo el sistema se vuelve flexible y escalable, permitiendo en cualquier momento, añadir, sustituir o quitar equipos sin comprometer la operación de los otros nodos. Por otro lado, presenta un bajo costo de adquisición y mantenimiento, ya que el usuario no necesita obtener inicialmente un producto capaz de automatizar toda la residencia, pudiendo automatizar sólo algunas divisiones y con el paso del tiempo automatizar las restantes sin la necesidad de modificar o intervenir en las anteriores. Debido a que las consolas son autónomas y localizadas su mantenimiento se simplificará ya que la intervención se ubicará sólo a un nodo, dotando al sistema de una flexibilidad y un potencial de crecimiento inusitado. En cuanto a la gestión del sistema, cada división se estará comunicando vía inalámbrica y de forma independiente.

1.3. Delimitación

Este trabajo está dirigido a la automatización de una vivienda unifamiliar, específicamente en el campo de la iluminación y climatización. Para demostrar los

resultados alcanzados en esta investigación se utilizará una maqueta a escala que muestre los componentes fundamentales del sistema analizado. Se usará entre los nodos una topología de red tipo malla, donde estarán como medios de comunicación los módulos ESP8266 y como microcontroladores arduinos uno y nano, se manejará el sistema domótico a través de un dispositivo inteligente Android, la cual nos permitirá manipular los diferentes ambientes. El sistema estará compuesto por elementos sencillos de conseguirlos y económicos para que esté al alcance de todas las personas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema domótico distribuido inalámbrico para el control de climatización e iluminación de una vivienda unifamiliar a través de una maqueta basada en componentes de bajo costo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar una red de sensores y actuadores comunicados a través del módulo esp8266 con el uso de la arquitectura distribuida.
- Diseñar una interfaz gráfica para un teléfono inteligente que brinde facilidad y comodidad al usuario que lo maneje.
- Implementar un sistema domótico de bajo costo mediante la plataforma de hardware Arduino utilizando una maqueta a escala.

1.5. Metodología de la investigación

Para la elaboración de este trabajo se realizará una investigación de tipo correlacional, ya que se requiere la búsqueda de variables que interactúan entre sí,

por la cual, si una variable empieza a cambiar, se deberá tener una idea muy clara de cómo cambiarán el resto de variables.

La investigación a realizar llevará un enfoque cuantitativo, debido a que surge la necesidad de efectuar un análisis de datos junto con mediciones numéricas que aportarán a este trabajo de titulación, los métodos de investigación que se utilizarán son los siguientes: Analítico y experimental.

Método analítico: Este método, se enfoca en la experimentación directa de variables y recolección de información para la obtención de un resultado específico; es así que, en este trabajo, se realizará en primera instancia una observación científica de cada uno de los puntos necesarios que conforman un sistema de control domótico distribuido. Una vez observado cada uno de estos puntos, se recopilará toda la información necesaria para la aplicación de un prototipo en un servicio de confort. Luego, se evaluará toda la información recopilada y se pondrá en marcha lo estudiado para identificar cuál sería el mejor método y/o sistema de control domótico que debería aplicarse.

Método experimental: Este método se enfoca en la observación, control y manipulación de variables a utilizar. Es así que, en este trabajo, además de realizar una observación a cada uno de los puntos necesarios, y una recopilación de la información; con el conocimiento adquirido se manipulará cada uno de los sistemas de control domótico estudiados, hasta encontrar el más favorable y óptimo que se adapte a un servicio de confort.

Considerando el tipo de estudio y los métodos de investigación, se propone las siguientes tareas de investigación:

- Investigación de información, elaborar el estado del arte referente al tema del proyecto.
- Establecer las características y funciones del sistema domótico que se realizará.
- Identificar la cantidad de nodos sensores que se utilizarán para obtener un óptimo funcionamiento.
- Diseñar el hardware del sistema a implementar.
- Realizar el código para el nodo gateway y los nodos sensores.
- Elaborar la comunicación inalámbrica de los diferentes nodos.
- Diseñar una aplicación que trabaje como interfaz entre el usuario y el sistema.
- Ejecutar pruebas para verificar el funcionamiento del sistema en la vivienda automatizada.
- Calcular el costo de los diferentes materiales.
- Realizar un análisis de todos los resultados obtenidos en la elaboración del proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Estados del arte

En el artículo “Automatización del hogar usando bluetooth” se revisa la automatización del hogar mediante el uso del módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth. La automatización del hogar con dispositivos inalámbricos se vuelve muy popular hoy en día, ya que varios dispositivos inalámbricos están disponibles como el Bluetooth, Zigbee y GSM. Los autores enfocan su investigación a la automatización del hogar basada en la tecnología de comunicación Bluetooth debido a su bajo costo y contando con la facilidad de los teléfonos móviles que cuentan con Bluetooth incorporado. El propósito de este proyecto es demostrar y explicar acerca de las varias técnicas que se encuentran involucradas para controlar los electrodomésticos en una vivienda, el controlador utilizado y la cantidad de dispositivos controlados. (Ramakrishnan y Murugan, 2016)

En el documento “Sistema inalámbrico de automatización del hogar basado en Android” se presenta un prototipo junto con la implementación del diseño de un sistema avanzado de automatización del hogar que utiliza la tecnología Wi-Fi como una infraestructura de red que comunica a todos los equipos. El sistema propuesto consta de dos componentes principales; la primera parte es el servidor, que presenta el núcleo del sistema que administra y controla el hogar del usuario. Los usuarios y el administrador del sistema pueden gestionar y controlar el sistema de forma local (Red de área local) o de forma remota (Internet). La segunda parte es el módulo de interfaz de hardware, que proporciona una interfaz adecuada para los sensores y el actuador del sistema de automatización del hogar. El sistema propuesto es escalable para que un servidor pueda administrar muchos módulos de interfaz de hardware

mientras exista dentro de la cobertura de la red. El sistema es compatible con una amplia gama de dispositivos de automatización del hogar como dispositivos, componentes de administración de energía y componentes de seguridad. (Tanveer, Durrani, Manzoor, Asim, 2017)

En la investigación “El concepto de casa inteligente: nuestro futuro inmediato” tiene como objetivo presentar el concepto de una vivienda inteligente, las diversas infraestructuras de redes específicas del hábitat, conceptos para modelar el hábitat y proporcionar los servicios más adecuados para los habitantes. Al contrario de otros proyectos, los autores dirigen este trabajo hacia un enfoque de sensores y un modelo de ontología de la casa inteligente, donde da a denotar la originalidad de tener en cuenta la verdadera heterogeneidad de la información presente en un hábitat con un enfoque orientado a servicios (SOA). Por ello el artículo que presentaron es una buena descripción general de lo que es un sistema domótico y cuáles son los componentes de hardware y software necesarios para hacer una casa inteligente. (Durand, Marhic, Menga y Ricquebourg, 2017)

En el documento “Diseño y realización del sistema de control de hogar inteligente basado en bluetooth” se diseña y realiza un plan de sistema de control de casa inteligente basado en el módulo Bluetooth. En comparación con el sistema de control doméstico tradicional, el plan del sistema puede proporcionar un monitoreo conveniente del estado de operación, procesamiento de datos internos, retroalimentación de información, control inalámbrico de corta distancia. En este documento los autores utilizan el AT89C51 SCM (microcomputadora de un solo chip) que se adopta como procesador central y diseñan el circuito de hardware

correspondiente. Basados en la programación del circuito, se realizan diversos módulos funcionales. Se explica a gran detalle la lógica de operación de varios módulos funcionales, dando como resultado del diseño un plan del sistema estable y conveniente en su operación, razonable en estructura y fuerte en movilidad, por lo que es adecuado para la aplicación doméstica ordinaria. (Yufeng y Ruqiao, 2015)

En el documento “Un nuevo enfoque de administración de energía para hogares inteligentes que usan bluetooth de baja energía” comprende que las redes inteligentes son una evolución de los sistemas de distribución eléctrica existentes debido a la creciente demanda de energía, la expansión en el uso de fuentes de energías renovables y el desarrollo de tecnologías de información y comunicación (TIC). En este documento se propone un nuevo enfoque de administración de energía para hogares inteligentes que combina una red inalámbrica, basada en comunicación inalámbrica Bluetooth de baja energía (BLE), para la comunicación entre los electrodomésticos, con un esquema de gestión energética del hogar (HEM). El enfoque propuesto por los autores aborda el impacto de los dispositivos de reserva y las cargas de alta potencia en horas pico en los cargos de consumo de energía de los consumidores, donde los resultados de la simulación muestran que el enfoque propuesto por el autor es eficiente en términos de reducir la demanda de carga máxima y los cargos de consumo de electricidad con un aumento en el nivel de comodidad de los consumidores. (Collotta y Pau, 2015)

Un artículo publicado en la página de IEEE “Domótica inteligente en tiempo real basada en microcontrolador PIC, tecnología bluetooth y android” hace hincapié

que los sistemas de automatización para viviendas inteligentes tienen gran potencial para su aplicación en el siglo 21. Varios investigadores de todo el mundo están desarrollando varios sistemas de automatización del hogar. Pero la mayoría de ellos tiene limitaciones en términos de alto costo, eficiencia, robustez y flexibilidad. Al ver las limitaciones de otros sistemas de automatización del hogar, los autores proponen un nuevo sistema de automatización del hogar eficiente y rentable. En este documento, el sistema de automatización del hogar inteligente se realiza a través del uso de la tecnología PIC que utiliza el microcontrolador PIC 16F877A, donde el sistema contiene un sensor HC-05 Bluetooth para una comunicación inalámbrica de largo alcance y eficiencia energética, y el sistema es completamente operativo para controlar diversos dispositivos como televisores, bombillas y aire acondicionado. El sistema también utiliza la aplicación de Android titulada "Smt Home Control". (Puri y Nayyar, 2016)

En el trabajo “ Sistema domótico distribuido para controlar el sistema de riego y la climatización en el hogar” se presenta y explica la elaboración e implementación de una plataforma de control domótico para el campo del sistema de riego y la climatización en una vivienda, para este proyecto se utilizó como tarjetas de control, placas de raspberry pi y Arduino, una vez realizado el sistema permitirá al usuario monitorear las variables medidas, almacenarlas y ejecutar respuestas a través de los actuadores implementados, de igual manera el sistema brindará la opción de operar de manera automática si el usuario lo prefiere. (Alonso, Lacastra, Del Barrios y Botella, 2016).

En el trabajo publicado “Arduino basado en la automatización del hogar usando la aplicación de android” está diseñado para ayudar y brindar apoyo en las necesidades de las personas mayores y discapacitadas en el hogar. La automatización del entorno que rodea a un ser humano permite aumentar su eficiencia de trabajo y comodidad. Ha habido un desarrollo significativo en el área de las tareas rutinarias de un individuo y éstas pueden ser automatizadas. En la actualidad, se puede encontrar a la mayoría de las personas aferradas a sus teléfonos móviles, por lo tanto, con la ayuda de un teléfono móvil, se pueden realizar tareas domésticas diarias personificando el uso del teléfono móvil. Al analizar el mercado actual de teléfonos inteligentes, la mayoría de los usuarios optan por teléfonos basados en Android. El sistema de automatización del hogar ha sido diseñado para teléfonos móviles Android para automatizar un arduino con interfaz Bluetooth que controla una serie de electrodomésticos mediante relés. Este documento presenta el enfoque automatizado de controlar los dispositivos en un hogar que podría facilitar las tareas de uso del método tradicional del interruptor. (Prusty, 2017)

En el documento “Sistema domótico inteligente con tecnología bluetooth” los autores presentan un sistema de automatización del hogar controlado a distancia, de muy bajo costo y fácil de usar mediante la placa Arduino, el módulo Bluetooth, un teléfono y sensores (humedad y ultrasónico), donde diseñan una aplicación de teléfono en el sistema sugerido que permite a los usuarios controlar hasta 18 dispositivos, incluidos electrodomésticos y sensores que utilizan la tecnología Bluetooth. En la actualidad, la mayoría de los sistemas de automatización del hogar convencionales están diseñados para fines especiales, mientras que el sistema propuesto es un sistema de automatización del hogar de uso general. Que se puede

implementar fácilmente en la vivienda. El sistema sugerido tiene más características que los sistemas de automatización doméstica convencionales, como el uso de un sensor ultrasónico para la detección del nivel de agua y el sensor de humedad del suelo para el sistema automático de riego de plantas, también se describe la arquitectura de hardware y software del sistema realizado. (Asadullah y Ullah, 2017)

En el proyecto de titulación "Aplicaciones orientadas a la domótica con raspberry" tiene como objetivo elaborar e implementar un sistema de seguridad que detecte la presencia de intrusos, al igual que poder monitorear la vivienda desde cualquier lugar utilizando la conexión internet, este sistema tendrá la posibilidad de operar manual o automáticamente. El autor propone un sistema domótico de vigilancia eficiente y rentable diseñado con una placa raspberry pi como controlador. (González, 2015)

2.2. Domótica

La domótica es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema como se puede apreciar en la figura 2.1. (Cedom, 2019)

Los sistemas domóticos recolectan información a través de los diversos sensores, dicha información se dirige al microcontrolador y según como se haya programado enviará una respuesta a los actuadores que ejecutarán la acción.



Figura 2.1: Vivienda inteligente

Fuente: (BEYOND, 2019)

La domótica emerge como una solución hacia las necesidades planteadas por las nuevas tendencias, permitiendo que el diseño de las viviendas actuales se realice más a nuestras necesidades haciéndolas flexibles y multifuncionales. Por lo tanto, implica la integración de varios productos, sistemas y servicios que permiten la automatización de las funciones domésticas, incluso con equipos (electrodomésticos, luces, persianas, equipos de climatización, puertas, dispositivos de audio y video, etc.) que ya tienen un lugar tradicional en el hogar. En los últimos años, la mayoría de las veces se ve en hogares de alta gama, también ha comenzado a ganar más terreno en edificios compartidos, principalmente debido a la estandarización de los componentes utilizados.

Para poder crear un sistema de domótica se requieren elementos o dispositivos que logren una conexión entre los aparatos que se desea, este que estaría conformado por los siguientes elementos: controladores, que son los que reciben la información, los actuadores, que son los que ejecutan la orden enviada,

los sensores, que nos ayudan con el monitoreo de la información enviada, los medios de transmisión, que son los que manejan la información y las interfaces, que son los dispositivos en los cuales se muestra la información al usuario. (Viteri, 2013). En la figura 2.2 se muestra un esquema de la arquitectura básica de un sistema domótico.

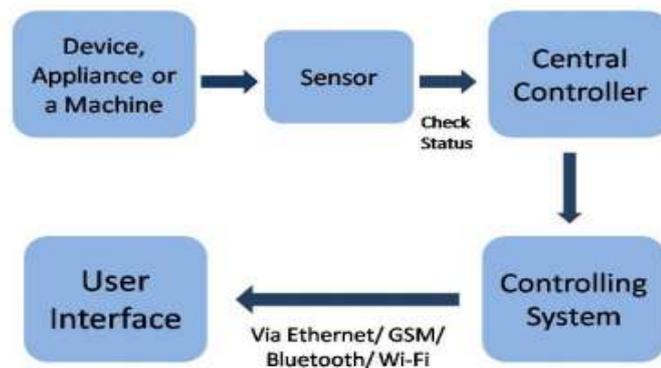


Figura 2. 2: Arquitectura básica de un sistema domótico

Fuente: (Purohit, Ghosh, 2017)

2.2.1. Beneficios de la domótica

La domótica brinda varios beneficios que se los mencionará a continuación:

Conseguir un alto nivel de confort.

El empleo de un sistema integrado de comunicaciones permite disponer de comodidades para el usuario, como el control por mando a distancia, programación de escenas y automatización de tareas como subida/bajada de persianas, entre otras muchas. (Hijano, 2011)

Aumentar la seguridad de bienes y personas.

Seguridad, tanto en lo referente a alarmas técnicas (alarmas de incendio, inundación, humos, escape de gas, etc.), como protección de las personas contra robos (simulación de presencia, detección de intrusos. (Hijano, 2011)

Gestión de la energía.

La domótica trabaja en este aspecto en la optimización del consumo eléctrico y de la climatización (modos de tarificación nocturna, prevención de situaciones de consumo innecesario, como corte de la calefacción con las ventanas abiertas). Todo ello se lleva a cabo mediante programaciones horarias, termostatos, detectores de presencia, etc. Con todo esto se consigue un uso más racional de la energía y por lo tanto, un ahorro económico. (Hijano, 2011)

Comunicación

Es posible la conexión con el sistema a distancia, de forma que se pueda modificar y conocer el estado de funcionamiento de la instalación. En este campo está produciéndose una verdadera revolución en los últimos años, y muchos de los fabricantes de dispositivos están comercializando componentes que permite el control mediante las últimas tecnologías, entre ellas el control por Internet y mediante teléfonos móviles (SMS y WAP). (Hijano, 2011)

Varias actividades domiciliarias pueden hacerse más económicas, seguras, cómodas y convenientes mediante el uso de esta tecnología que es la domótica.

A. Componentes que se incluirán en un sistema de automatización del hogar:

1) Interfaz de usuario: Dispositivos que pueden dar comandos para controlar un sistema, como un monitor o un teléfono.

- 2) Medio de transmisión: Conexiones inalámbricas (Bluetooth / GSM/ Wi-fi) y cableadas (Ethernet).
- 3) Centro de control: Una interfaz de hardware que se comunica con la interfaz de usuario para controlar los servicios domésticos.
- 4) Dispositivos electrónicos: Dispositivos que son compatibles con el modo de transmisión y están conectados al centro de control.

B. Características de la automatización del hogar.

- 1) Costo de instalación reducido: no se requiere cableado, por lo tanto, el costo de instalación se reduce significativamente.
- 2) Conectividad a Internet: los dispositivos se pueden controlar fácilmente con teléfonos móviles que utilizan Internet desde cualquier lugar del globo.
- 3) Escalable: La extensión de red es necesaria ya que la aplicación con redes inalámbricas es ampliamente utilizada en la actualidad.
- 4) Seguridad: Como la seguridad integrada garantiza la integridad del hogar inteligente, los dispositivos se pueden agregar fácilmente para hacer un dispositivo inteligente integrado.

2.2.2. Arquitectura de control domótico

La arquitectura de un sistema domótico se clasifica en diferentes tipos, estas son la centralizada, distribuida, descentralizada y la mixta, la cual pueden ser comunicadas a través de cableado o vía inalámbrica.

Arquitectura centralizada: Donde un único controlador gestiona todas las funciones y acciones de los sensores y actuadores, el mal funcionamiento del controlador

impide la operatividad total del sistema domótico, como se muestra en la figura 2.3.

(Álvarez, 2017)

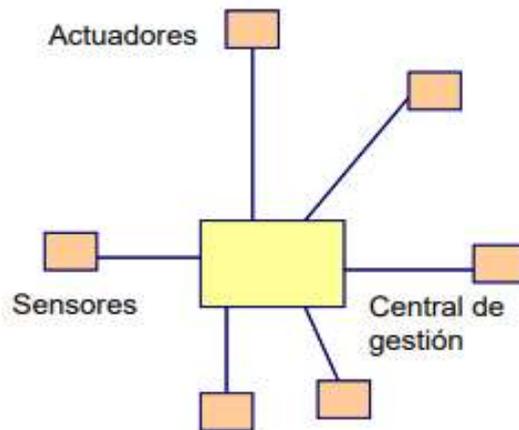


Figura 2.3: Arquitectura centralizada

Fuente: (Jimeno, 2007)

Arquitectura Descentralizada: Donde todos los elementos de la red actúan de forma independiente unos de otros. Comparten la misma línea de comunicación y cada uno de ellos dispone de funciones de control y de mando, véase en la figura 2.4.

(Farfán, Quizhpe, 2016)

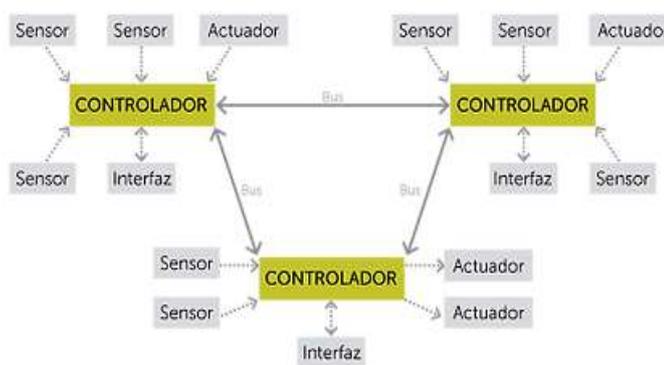


Figura 2.4: Arquitectura descentralizada

Fuente: (Párraga, 2017)

Arquitectura distribuida: Para este tipo de arquitectura según la programación del sistema domótico cada sensor y actuador es también un controlador independiente capaz de actuar y enviar información al sistema como lo muestra la figura 2.5. La ventaja en la arquitectura distribuida es que el mal funcionamiento de un elemento no impide la operatividad de los demás elementos de la instalación y llama la atención su sencilla instalación y la facilidad a la ampliación futura de aplicaciones domóticas. (Álvarez, 2017)

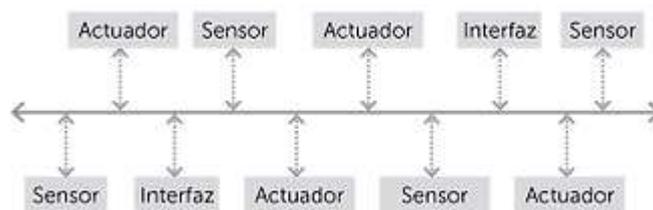


Figura 2.5: Arquitectura distribuida

Fuente: (Párraga, 2017)

Arquitectura mixta: Se caracteriza por la utilización parcial o combinación de las dos arquitecturas anteriores, en la cual se puede disponer de un controlador central con dispositivos sensores y actuadores como la arquitectura distribuida, y procesar la información y tanto actuar como enviar a otros dispositivos de la red, en que necesariamente pase por otro elemento controlador. En la figura 2.6 se muestra la arquitectura mixta de un sistema. (Álvarez, 2017)

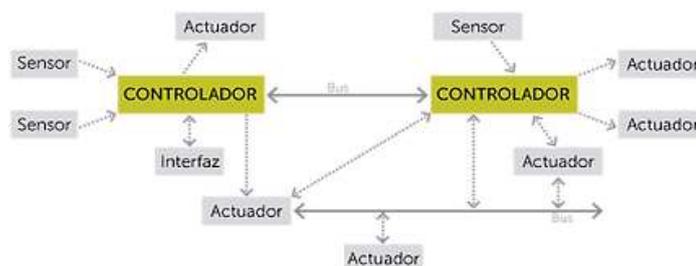


Figura 2.6: Arquitectura mixta

Fuente: (Farfán, Quizhpe, 2016)

2.3. Microcontroladores

Un microcontrolador (MC) contiene los componentes principales de la computadora: procesador, memorias de programa y de datos, interfaces de entrada / salida. Por lo tanto, puede ser nombrado equipo de un solo chip. El término "Microcontrolador" indica que este dispositivo está desarrollado para controlar objetos y procesos. Debido a esto, el chip del microcontrolador contiene varios componentes adicionales como temporizadores, convertidores A/D y D/A, referencias de voltaje, generadores de PWM e interfaces USB, etc. La mejora constante de los parámetros del MC y el bajo precio permite integrarlos en los diversos campos de la actividad humana. Se Puede encontrar los microcontroladores en la mayoría de los dispositivos que controlan, miden, calculan o muestran información. (Baskys, 2012)

El microordenador en contraste con la computadora personal es muy especializado, desarrollado para propósitos concretos, por ejemplo. controlar el motor del automóvil o los frenos o la unidad de disco duro de la computadora personal. Dado que dichos microcomputadores están integrados en otra maquinaria, generalmente se denominan sistemas integrados o computadoras integradas. La variedad de computadoras integradas es extremadamente alta, por lo tanto, hay muchos laboratorios y empresas que desarrollan las computadoras integradas. Llegará el momento en que la mayoría de los dispositivos electrónicos se basarán en los MC, es decir, los ingenieros que desarrollan o prestan el servicio de electrónica no solo deben tener un buen conocimiento del diseño del hardware de la electrónica, sino también un buen conocimiento de la creación de programas para microcontroladores, que generalmente se denominan firmware. (Baskys, 2012)

En la figura 2.7 se muestra que elementos conforman un microcontrolador.

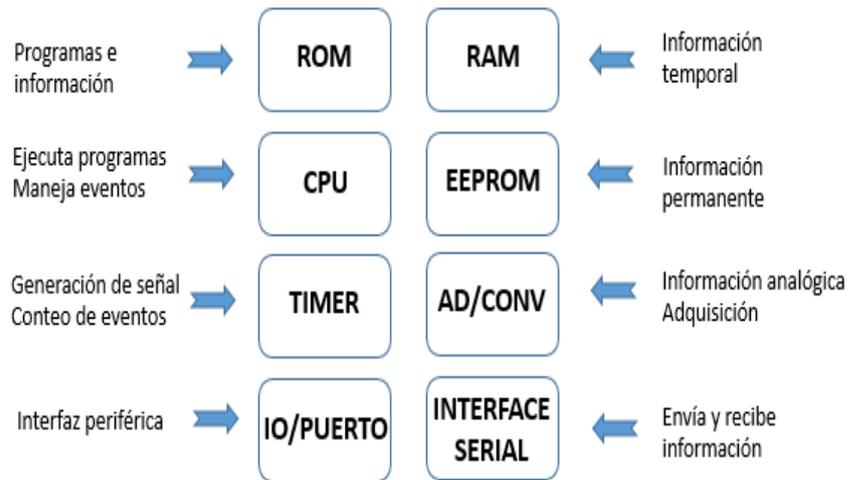


Figura 2.7: Estructura de un microcontrolador

Fuente: Elaboración propia

2.3.1. Clasificación de los microcontroladores

En los microcontroladores se almacenan datos e instrucciones. Según como esté organizada la memoria influye en las prestaciones de los microcontroladores. La arquitectura de los microcontroladores se divide en dos tipos: Von Neumann y Harvard. La arquitectura Von Neumann como lo muestra la figura 2.8 se caracteriza por tener una memoria donde se almacena instrucciones y datos, es decir, la CPU (unidad central de procesos) se conecta a una memoria única mediante un sistema de buses. (Álvarez, 2019)

La arquitectura Harvard por el contrario tiene separadas ambas memorias y cada una dispone de sus propios sistemas de buses. Posee una memoria de programa, donde almacena las instrucciones, y otra memoria de datos, donde almacena los datos, véase en la figura 2.9. Esta memoria es la que emplean los microcontroladores. (Álvarez, 2019)

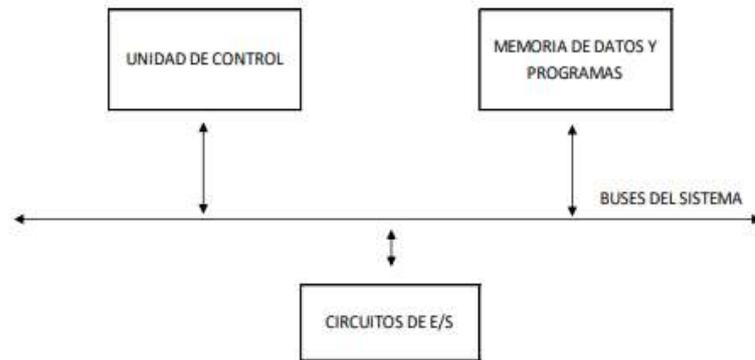


Figura 2. 8: Arquitectura Von Neumann

Fuente: (Álvarez, 2019)

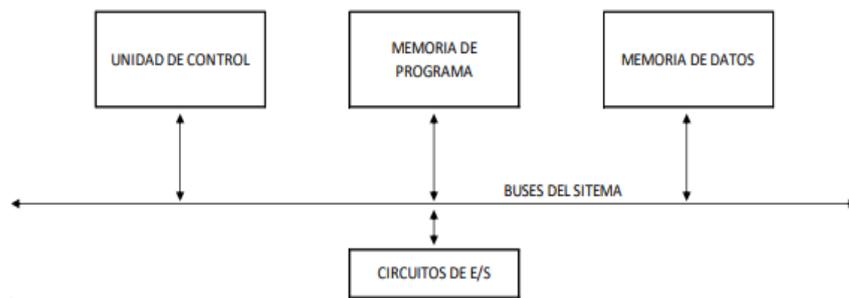


Figura 2. 9: Arquitectura Harvard

Fuente: (Álvarez, 2019)

Los microcontroladores combinan en un único integrado todas las partes fundamentales que componen un microcomputador: el procesador, la memoria, líneas de E/S y recursos auxiliares. Estos elementos están conectados a través de buses que pueden ser de direcciones (si transportan direcciones de memoria o de entrada y salida), de datos (si transportan datos o instrucciones) o de control (si transportan señales de control). (Álvarez, 2019)

2.3.2. Aplicaciones de los microcontroladores

A medida que la tecnología va avanzando, aparecen más equipos o componentes que integran a un microcontrolador cuyo fin es el de mejorar en gran cantidad sus

beneficios, disminuir considerablemente su tamaño y costo, realizar un ahorro eléctrico y aumentar su eficacia. La mayoría de los fabricantes de los microcontroladores producen más del millón de unidades de un específico tipo de modelo determinado semanal, dicha información ofrece una idea clara del abundante uso de estos componentes.

Algunas aplicaciones de los microcontroladores pueden ser:

- Controlador periférico de un PC
- Robótica y sistemas embebidos.
- Equipos biomédicos
- Sistemas de comunicación y energía.
- Automóviles y sistemas de seguridad.
- Equipos médicos implantados.
- Dispositivos de detección de incendios
- Dispositivos sensores de temperatura y luz.
- Dispositivos de automatización industrial.
- Dispositivos de control de proceso
- Medición y control de objetos giratorios.

2.3.3. Clasificación según la longitud de bus de datos

En este apartado se mostrará la clasificación de los microcontroladores según la longitud de bus de datos.

- Microcontroladores de 8 bits, 16 o 32 bits

A mayor longitud del bus de datos, mayor será la eficiencia del microcontrolador en operaciones con datos grandes. Pero al mismo tiempo la

complejidad del chip y, por ende, su costo también aumentará. Por ejemplo, para los dispositivos multimedia, que procesan datos de video y audio, un bus de datos de 8 bits sería insuficiente. Hoy en día los microcontroladores de 8 bits encuentran mayor aplicación y están, de lejos, mucho más difundidos en aplicaciones de la gente aficionada. (Ruko, 2016)

- Según sus recursos

Los hay desde los que tienen los recursos mínimos hasta los que cuentan en los periféricos más sofisticados, como módulos CAN (para comunicaciones robustas entre varios microcontroladores), módulos para conectarse a los ordenadores vía USB o funciones hardware para el procesamiento digital de señales, para trabajar con datos multimedia. Los microcontroladores con esta última capacidad se conocen con el nombre de DSP (Digital Signal Processor). (Ruko, 2016)

2.3.4. Clasificación según el set de instrucciones

Aquí se mostrará la clasificación de los microcontroladores según el set de instrucciones, estos son:

Con las instrucciones CISC (Complex Instruction Set Computer)

El set de instrucciones CISC es inherente a los primeros microcontroladores que aparecieron en el mundo, los cuales estaban inspirados en los procesadores de los grandes computadores de la época. Es complejo porque consta de muchas instrucciones complicadas y difíciles de recordar a la hora de programar en lenguaje ensamblador. Además, al crecer el número de instrucciones también crecerán los códigos de las instrucciones, lo cual disminuye la eficiencia del microcontrolador. (Ruko, 2016)

- Con instrucciones RISC (Reduced Instruction Set Computer)

Estos microcontroladores cuentan con instrucciones sencillas y en un número mínimo. Ello permite que la programación en ensamblador sea una labor cómoda y esté al alcance de todos. Sin embargo, cuando se desarrollan proyectos mucho más complejos, el uso del lenguaje ensamblador se torna cada vez más engorroso. Entonces se prefiere optar por los compiladores de alto nivel, para los cuales un set RISC no es obstáculo. (Ruko, 2016)

2.4. Sistemas de control distribuido

Un sistema de control distribuido (DCS) es una plataforma para el control automatizado y el funcionamiento de una planta o de un proceso industrial. Un DCS combina en un sistema automatizado único: interfaz hombre máquina (HMI), solucionadores lógicos, historiador, base de datos común, administración de alarmas y una suite de ingeniería común. (Yokogawa, 2019)

Un sistema de control distribuido (DCS) se refiere a un sistema de control generalmente de fabricación, proceso o cualquier tipo de sistema dinámico, en el que los elementos del controlador no son centrales en ubicación (como el cerebro) pero se distribuyen por todo el sistema con cada subsistema de componentes controlado por uno o más controladores. Todo el sistema de controladores está conectado por redes. para comunicación y monitoreo. DCS es un término muy amplio utilizado en una variedad de industrias, para supervisar y controlar equipos distribuidos.

Un DCS generalmente usa procesadores diseñados a medida como controladores y usa tanto las interconexiones propietarias como el protocolo de

comunicaciones para la comunicación. Los módulos de entrada y salida forman partes componentes del DCS. El procesador recibe información de los módulos de entrada y envía información a los módulos de salida. Los módulos de entrada reciben información de los instrumentos de entrada en el proceso (o campo) y transmiten instrucciones a los instrumentos de salida en el campo. Los buses de computadora o los buses eléctricos conectan el procesador y los módulos a través de multiplexores, los buses también conectan los controladores distribuidos con la interfaz hombre-máquina (HMI) o las consolas de control.

2.4.1. Arquitectura de un sistema de control distribuido

La arquitectura DCS siempre se ha centrado en distribuir el control en una red para que los operadores puedan monitorear e interactuar con todo el alcance de la planta. Como tal, el DCS clásico se originó a partir de un enfoque general del sistema. La coordinación, sincronización e integridad de los datos del proceso a través de una red determinista y de alto rendimiento son el núcleo de la arquitectura DCS. Estos controladores distribuidos están conectados tanto a dispositivos de campo como a PCs de operación a través de redes de comunicación de alta velocidad como se observa en la figura 2.10. (Achour, 2015)

Los dispositivos de campo discretos, como sensores y actuadores, están conectados directamente a los módulos de "bastidores de control" de entrada y salida a través del bus de comunicación. Estos dispositivos de campo o instrumentos inteligentes son capaces de comunicarse con PLC u otros controladores mientras interactúan con parámetros del mundo real como temperatura, presión, etc.

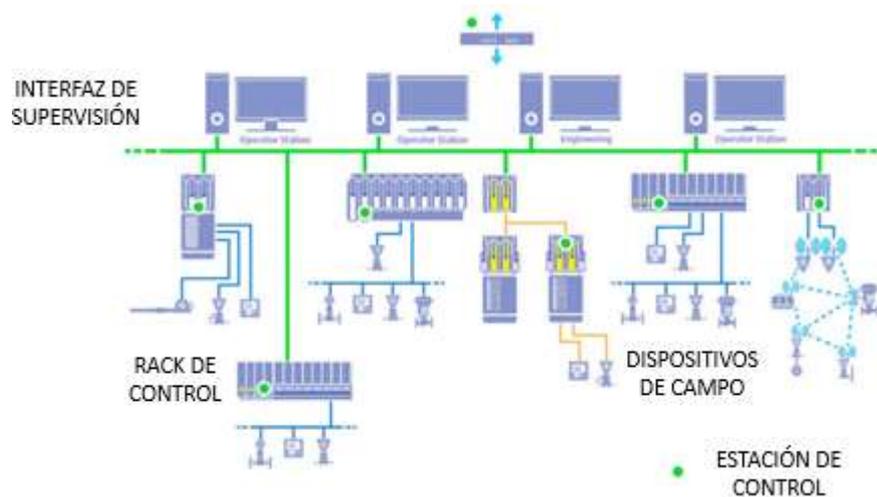


Figura 2. 10: Arquitectura típica de un sistema distribuido

Fuente: (Achour, 2015)

Cada bastidor de control contiene un microprocesador para implementar todas las funciones de control necesarias, con "tarjetas" de E / S (entrada / salida) individuales para convertir señales de instrumentos de campo analógicos en formato digital, y viceversa. Los procesadores redundantes, los cables de red redundantes e incluso las tarjetas de E / S redundantes abordan la posibilidad de fallas en los componentes. Los procesadores DCS generalmente están programados para realizar auto comprobaciones de rutina en componentes redundantes del sistema para garantizar la disponibilidad de los componentes de repuesto en caso de falla.

Los controladores se distribuyen y se conectan a estaciones de operación e ingeniería, que se utilizan para el monitoreo de datos, el registro de datos, alarmas y propósitos de control a través de otro bus de comunicación de alta velocidad. Los protocolos de comunicación son de diferentes tipos, como bus archivado en base, HART, Profibus, Modbus, etc. DCS proporciona información a múltiples pantallas para la interfaz de usuario.

2.4.2. Componentes esenciales en un sistema de control distribuido

En este segmento se presentará los componentes esenciales que conforman a un sistema de control distribuido.

- Comunicación y protocolos

Consiste en enviar información o datos a través de cables de transmisión, como cables coaxiales, cables de cobre, cables de fibra óptica y también puede ser de forma inalámbrica. Los protocolos de comunicación que se utilicen dependen de la cantidad de equipos que se tengan en cuenta a instalar en la red (Achour, 2015).

A inicios, los proveedores de los sistemas de control distribuido diseñaron e implementaron sus propios buses de comunicaciones digitales patentados para comunicar todas las estaciones que se encuentran en el sistema en una red cohesiva. Con esto hubo un mayor rendimiento, alta velocidad y mejor determinismo que a su vez fueron consideraciones clave para garantizar que la red pudiera manejar las cargas de tráfico momentáneamente pesadas que a menudo se encuentran en las plantas de proceso; que las mediciones, señales de control y otros mensajes se movieran a través de la red de manera oportuna; y que los mensajes realmente llegaran a la estación apropiada.

A través de varias pruebas, se pudo comprobar que la tecnología ethernet estándar utilizada en las redes empresariales podría modificarse para cumplir con los requisitos de comunicaciones de datos deterministas de alta disponibilidad. En estos sistemas de control, se usan dos o más protocolos de comunicación entre dos o más áreas, ya sea comunicando dispositivos de control de campo y controladores distribuidos y otro entre controladores distribuidos y estaciones de control de supervisión, como estaciones de operación e ingeniería.

- Controladores distribuidos

El uso de sistemas centralizados de control por computadora tenía problemas para proporcionar costosos sistemas de comunicación para llevar las señales (de campo) a la ubicación centralizada de la computadora; y señales de control de salida a los dispositivos de campo (válvulas, motores, actuadores, etc.).

Con la elaboración de los microprocesadores, la arquitectura del control distribuido se hizo muy popular porque estos sistemas son capaces de abordar los inconvenientes y limitaciones del sistema de control centralizado.

Debido a que los procesos industriales están ubicados geográficamente en un área amplia, es de suma importancia que la potencia de cómputo requerida para controlar los procesos también se distribuya y se ponga más énfasis en los lugares donde tiene lugar una actividad (de control) importante; esto limita el flujo de datos o información a un único sumidero y, por otro lado, asegura la continuación del funcionamiento de la planta inclusive si hay inconvenientes en ciertos subsistemas.

Los controladores de proceso que forman parte de la arquitectura DCS clásica tienen filosofías operativas fundamentalmente diferentes a las que se encuentran en un PLC. Mientras que el PLC funciona "tan rápido como puede", el controlador de proceso favorece la repetibilidad. Eso hace hincapié que la estrategia de control se realiza en ciclos de reloj fijos: no se tolera correr con rapidez o lentitud. El control repetible en cada ciclo significa calidad repetible, rendimiento repetible y resultados repetibles en cada trabajo.

- Interface Hombre-Máquina

Interfaz hombre máquina parte de un sistema interactivo (software y hardware) que proporciona la información y permite el control necesario para que el usuario lleve a cabo una tarea de dicho sistema. sigla IHM. (Cobián, 2015).

En los años anteriores a DCS, la mayor parte de la interacción del operador tuvo lugar desde un panel de control de panel cableado con placas frontales dedicadas para cada función de medición, control y alarma. Desde este panel de control, los operadores controlaron el proceso, manejaron las alarmas y vieron la información actual e histórica.

La HMI es el punto en el que seres humanos y computadores se ponen en contacto, transmitiéndose mutuamente tanto información, órdenes y datos como sensaciones, intuiciones y nuevas formas de ver las cosas. Por otro lado, la interfaz es también un límite a la comunicación en muchos casos, ya que aquello que no sea posible expresar a través de ella permanecerá fuera de nuestra relación mutua. Es así como en muchos casos la interfaz se convierte en una barrera debido a un pobre diseño y una escasa atención a los detalles de la tarea a realizar, en la figura 2.11 se puede apreciar una interfaz hombre – máquina.

2.4.3. Arquitectura piramidal del Sistema de Control Distribuido

En la figura 2.12 se muestra una jerarquía de automatización popular de una planta de fabricación industrial distribuida. Aquí, el nivel 0 es el nivel más bajo; Se instala la instrumentación de campo para la medición de los parámetros del proceso.



Figura 2. 11: Interfaz Hombre-Máquina

Fuente: (Schneider Electric, 2019)

Este nivel, reenviaría los valores medidos (datos) al Nivel uno para las funciones de control del proceso. En este nivel, las estaciones de control instaladas en este nivel realizan funciones tales como monitoreo y control del proceso, operación y monitoreo entre procesos, acoplamiento del sistema, etc. En el Nivel dos, se implementan funciones de supervisión. Estos incluyen la recopilación y el registro de datos, la optimización del proceso, etc. Los modelos matemáticos del proceso se encargan eficientemente de la optimización general del proceso. El nivel 3 es el nivel de la planta (gestión) donde se realizan funciones como la asignación de recursos de la planta, la planificación y programación de la producción, la programación del mantenimiento, la contabilidad de la producción, etc. (Achour, 2015)

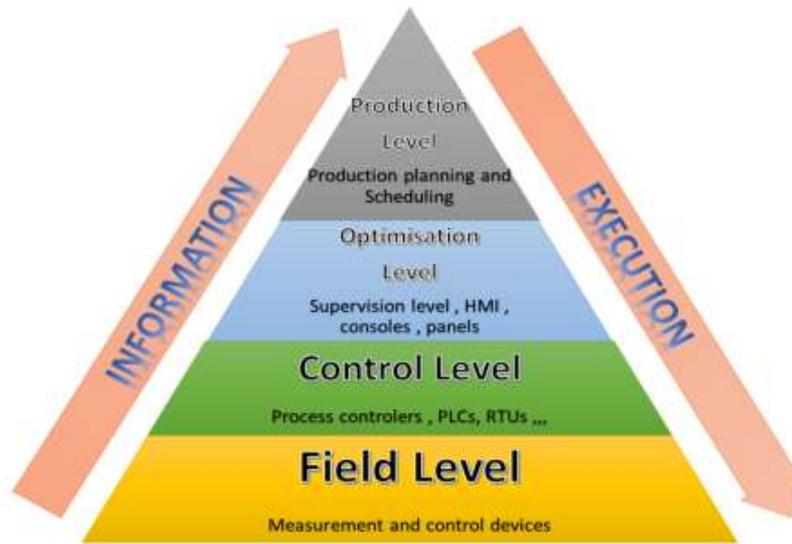


Figura 2. 12: Arquitectura de un sistema de control distribuido

Fuente: (Achour, 2015)

2.5. Redes de sensores inalámbricas (WSN)

Las redes inalámbricas de sensores (WSN) son colecciones de pequeños nodos de procesamiento bastante limitados en recursos y distribuidos espacialmente en entornos específicos. Debido a su operación autónoma, estos nodos deben ser extremadamente eficientes respecto del consumo de energía, suficientemente pequeños para mimetizarse en cualquier ambiente, y de bajo costo para permitir grandes despliegues. Se puede apreciar en la figura 2.13 una ilustración de una red de sensores inalámbricos. (Perez, Carrera, 2015)

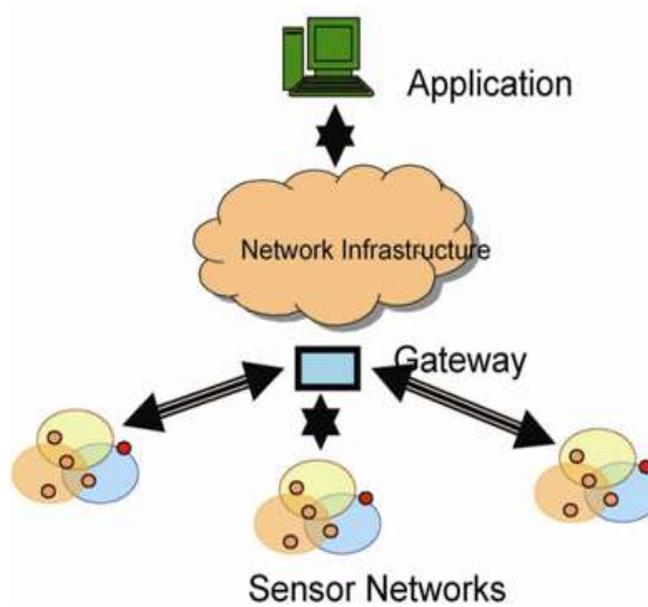


Figura 2. 13: Arquitectura de una red de sensores inalámbricos

Fuente: (NS3, 2019)

Algunas de las áreas de aplicación para las redes de sensores pueden ser salud y seguridad. Por ejemplo, los datos fisiológicos sobre un paciente pueden ser monitoreados remotamente por un médico. Si bien esto es más conveniente para el paciente, también le permite al médico comprender mejor la condición actual del paciente. Las redes de sensores también se pueden utilizar para detectar agentes químicos extraños en el aire y el agua. Pueden ayudar a identificar el tipo, la concentración y la ubicación de los contaminantes. En esencia, las redes de sensores proporcionarán al usuario final una mejor comprensión del entorno. En el futuro, las redes inalámbricas de sensores serán una parte integral de nuestras vidas, más que las computadoras personales actuales.

Las realizaciones de estas y otras aplicaciones de red de sensores requieren técnicas inalámbricas de redes ad hoc. Aunque se han propuesto muchos protocolos y algoritmos para redes ad hoc inalámbricas tradicionales, no son adecuados para las características únicas y los requisitos de aplicación de las redes de sensores. Para

ilustrar este punto, las diferencias entre las redes de sensores y las redes ad hoc se detallan a continuación:

- El número de nodos sensores en una red de sensores puede ser varias órdenes de magnitud mayor que los nodos en una red ad hoc.
- Los nodos sensores están densamente desplegados.
- Los nodos sensores son propensos a fallas.
- La topología de una red de sensores cambia con mucha frecuencia.
- Los nodos sensores utilizan principalmente el paradigma de comunicación de difusión mientras que la mayoría de las redes ad hoc se basan en comunicaciones punto a punto.
- Los nodos de los sensores están limitados en potencia, capacidades computacionales y memoria.
- Los nodos sensores pueden no tener identificación global (ID) debido a la gran cantidad de gastos generales y gran cantidad de sensores.

2.5.1. Aplicaciones de redes de sensores (WSN)

Las redes de sensores pueden consistir en muchos tipos diferentes de sensores, tales como sísmicos, de baja velocidad de muestreo, magnéticos, térmicos, visuales, infrarrojos, acústicos y de radar, que pueden monitorear una amplia variedad de condiciones ambientales que incluyen lo siguiente:

- Temperatura
- Humedad
- Proximidad
- Presión
- Niveles de ruido

- La presencia o ausencia de ciertos tipos de objetos
- Niveles de tensión mecánica en objetos adherido
- Las características actuales, como la velocidad, la dirección y el tamaño de un objeto.

2.5.1.1. Aplicaciones en vivienda

Automatización del hogar: a medida que avanza la tecnología, los nodos de sensores inteligentes y los actuadores se pueden utilizar en electrodomésticos, como aspiradoras, hornos de microondas, refrigeradores y videograbadoras. Estos nodos sensores dentro de los dispositivos domésticos pueden interactuar entre sí y con la red externa a través de internet, por la cual permiten a los usuarios finales gestionar dispositivos domésticos de forma local y remota de manera sencilla.

Entorno inteligente: el diseño del entorno inteligente puede tener dos perspectivas diferentes, es decir, centrada en el ser humano y centrada en la tecnología. Para personas centradas en el ser humano, un entorno inteligente debe adaptarse a las necesidades de los usuarios finales en términos de capacidades de entrada / salida.

Para centrarse en la tecnología, se deben desarrollar nuevas tecnologías de hardware, soluciones de red y servicios de middleware. Los nodos sensores pueden integrarse en dispositivos o electrodomésticos con el fin de poder comunicarse entre sí junto con el servidor de la sala. El servidor de la sala a su vez puede comunicarse con otros servidores de la sala para conocer los servicios que ofrecen, por ejemplo, impresión, escaneo y fax. Estos servidores de sala y nodos de sensores pueden utilizarse con dispositivos integrados existentes para convertirse en sistemas

autoorganizados, autorregulados y adaptativos basados en modelos de teoría de control.

2.5.1.2. Otras aplicaciones de la WSN

Algunas de las aplicaciones de salud para redes de sensores proporcionan interfaces para discapacitados; monitorización integrada del paciente; diagnósticos; administración de medicamentos en hospitales; telemonitorización de datos fisiológicos humanos; rastrear y monitorear a médicos y pacientes dentro de un hospital.

Telemonitorización de datos fisiológicos humanos: Los datos fisiológicos recopilados por las redes de sensores pueden almacenarse durante un largo período de tiempo y pueden utilizarse para exploración médica. Las redes de sensores instaladas también pueden monitorear y detectar el comportamiento de las personas mayores, por ejemplo, una caída. Estos pequeños nodos sensores permiten al sujeto una mayor libertad de movimiento y permiten a los médicos identificar síntomas predefinidos antes. Además, facilitan una mayor calidad de vida para los sujetos en comparación con los centros de tratamiento.

Seguimiento y monitoreo de médicos y pacientes dentro de un hospital: Cada paciente tiene nodos sensores pequeños y livianos unidos a ellos. Cada nodo sensor tiene su tarea específica. Por ejemplo, un nodo sensor puede detectar la frecuencia cardíaca mientras que otro detecta la presión arterial. Los médicos también pueden llevar un nodo sensor, que permite a otros médicos ubicarlos dentro del hospital.

Administración de medicamentos en hospitales: Si los nodos sensores se pueden unir a los medicamentos, se puede minimizar la posibilidad de obtener y

recetar el medicamento incorrecto a los pacientes, debido a que los pacientes tendrán nodos sensores que identifican sus alergias y los medicamentos requeridos.

Varias aplicaciones donde se puede realizar la utilización de redes de sensores inalámbricos WSN puede ser para entornos inteligente, en el campo de la medicina, etc. Como ejemplos de estas aplicaciones se tiene el control de dispositivos en viviendas mediante equipos inteligente, el monitoreo en cuanto a la salud de un paciente, entre muchas otras. En todos los casos donde se apliquen estas redes, los nodos de red van a tener como objetivo recolectar valores o información y enviarle a un nodo central para que las procese.

2.5.2. Topologías de red

2.5.2.1. Red en bus

En una topología de bus, cada nodo está conectado a un segmento común de cable de red. El segmento de red se coloca como un bus lineal, es decir, un cable largo que va de un extremo a otro de la red, y al cual se conecta cada nodo de la misma. El cable puede ir por el piso, por las paredes, por el techo, o puede ser una combinación de éstos, siempre y cuando el cable sea un segmento continuo, en la figura 2.14 se muestra la conexión tipo bus. (Bravo, 2015)

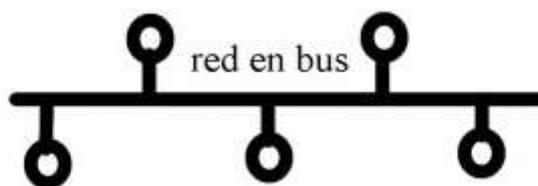


Figura 2. 14: Red en bus

Fuente: (GADAE, 2015)

2.5.2.2. Red en anillo

Una topología de anillo consta de varios nodos unidos formando un círculo lógico. Los mensajes se mueven de nodo a nodo en una sola dirección tal como se muestra en la figura 2.15. Algunas redes de anillo pueden enviar mensajes en forma bidireccional, no obstante, sólo son capaces de enviar mensajes en una dirección. La topología de anillo permite verificar si se ha recibido un mensaje. En una red de anillo, las estaciones de trabajo envían un paquete de datos conocido como flecha o contraseña de paso. (Bravo, 2015)

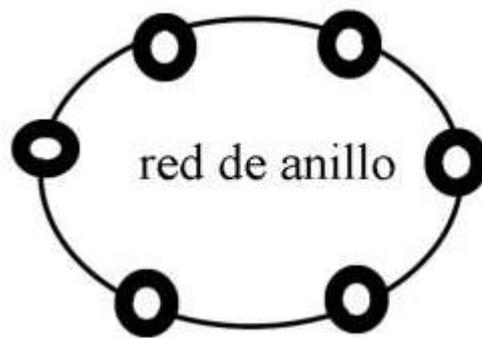


Figura 2. 15: Red en anillo

Fuente: (GADAE, 2015)

2.5.2.3. Red en estrella

Uno de los tipos más antiguos de topologías de redes es la estrella, la cual usa el mismo método de envío y recepción de mensajes que un sistema telefónico, ya que todos los mensajes de una topología LAN en estrella deben pasar a través de un dispositivo central de conexiones conocido como concentrador de cableado, el cual controla el flujo de datos, véase en la figura 2.16. (Bravo, 2015)

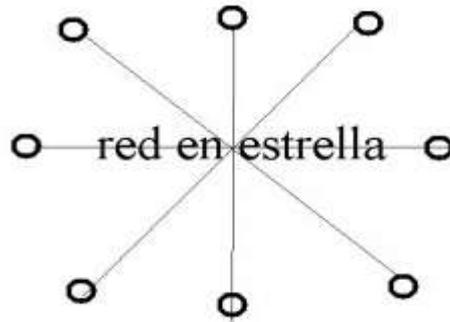


Figura 2. 16: Red en estrella

Fuente: (GADAE, 2015)

2.5.2.4. Red en malla

La Red en malla es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más de los otros nodos. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. En la figura 2.17 se muestra la red tipo malla. (Bravo, 2015)

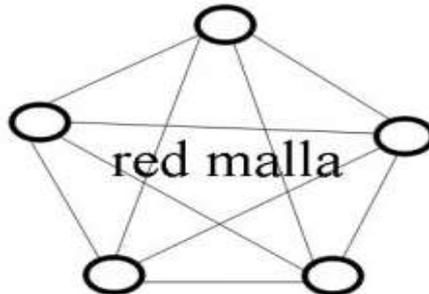


Figura 2. 17: Red en malla

Fuente: (GADAE, 2015)

2.5.3. Red ad hoc

Las redes inalámbricas ad hoc son conjuntos de nodos inalámbricos que se comunican directamente a través de un canal inalámbrico común, cada nodo está equipado con un transceptor inalámbrico y no requieren infraestructura adicional, como una estación base o un punto de acceso cableado, etc. Por lo tanto, cada nodo no solo desempeña el papel de un sistema final, sino que también actúa como un enrutador, que envía paquetes a los nodos deseados. Se espera que los ad hoc hagan

tareas que la infraestructura no puede hacer. Las redes ad hoc son utilizadas principalmente por militares, equipo de misiones de rescate, etc., ya que el trabajo que realizan no puede depender de una red con infraestructura. (Dipobagio, 2008)

La arquitectura de red inalámbrica se clasifica en dos formas, Cómo la primera arquitectura se encuentra la infraestructura donde los nodos están conectados con la representación física fija, logrando que los nodos se comuniquen a través de un punto de acceso (AP) cómo lo muestra la figura 2.18. Unos ejemplos de este tipo de redes inalámbricas son GSM, UMTS y WLAN, etc. La segunda arquitectura de esta red opera sin infraestructura donde cada nodo puede comunicarse sin ninguna representación física fija. Para formar las redes ad hoc se requiere conectar los terminales en la arquitectura distribuida de múltiples saltos. Debido a la ausencia de una estructura centralizada, los nodos en la red ad hoc actúan como enrutador para enviar y recibir los datos, véase en la figura 2.19. Debido a la naturaleza no estática, la red ad hoc evita el único punto de falla y hace que la red sea más robusta. (Helen, Arivazhagan, 2014)

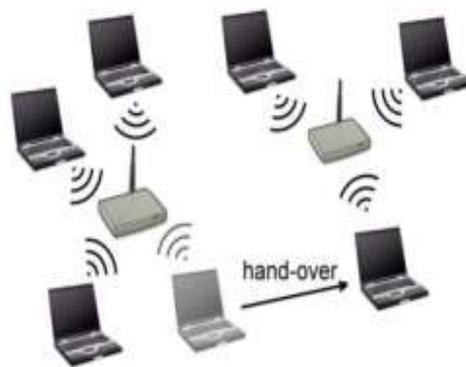


Figura 2. 18: Redes inalámbricas basadas en infraestructura

Fuente: (Helen, Arivazhagan, 2014)

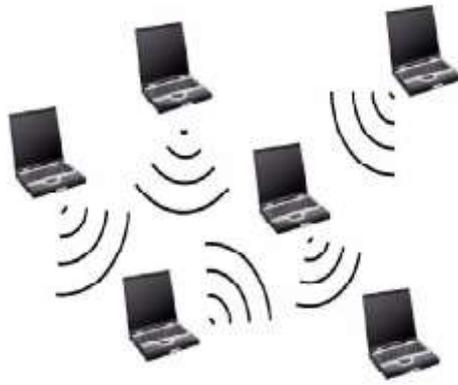


Figura 2. 19: Ad hoc inalámbrico

Fuente: (Helen, Arivazhagan, 2014)

2.5.3.1. Características de la red ad-hoc

Los nodos de red ad hoc móviles están provistos de transmisores y receptores inalámbricos que usan antenas, estos pueden ser altamente direccionales (punto a punto), omnidireccionales (transmisión amplia), probablemente orientables o alguna combinación. En un momento dado, dependiendo de las posiciones de los nodos, Ellos transmiten y reciben patrones de cobertura, los niveles de potencia de comunicación y los niveles de interferencia del canal, existe una conectividad inalámbrica en forma de una red aleatoria de gráficos múltiples o "ad hoc" entre los nodos. Esta topología ad hoc puede modificarse con el tiempo a medida que los nodos se mueven o se ajustan a sus parámetros de transmisión y recepción. (Kohila, Gowthami, 2015)

Las características de estas redes son las siguientes:

- Comunicación por medios inalámbricos.
- Los nodos pueden desempeñar los roles de hosts y enrutadores.
- Enlaces de capacidad variable con restricción de ancho de banda.
- Operación con restricción de energía.

- Seguridad física limitada.
- Topología de red dinámica.
- Actualizaciones frecuentes de enrutamiento

2.5.3.2. Aplicación de las redes ad hoc

Las redes ad hoc son muy adecuadas para muchas situaciones, en las que no se puede construir una red de infraestructura o es imposible construir una infraestructura. El interés de las redes ad hoc aumenta rápidamente, porque la red ad hoc apoya la movilidad y la libertad en las redes. Los datos se pueden intercambiar sin cable, punto de acceso o espacio de memoria portátil (Dipobagio, 2008).

En este apartado se explica las aplicaciones más fundamentales de las redes ad hoc. En la actualidad, muchos de los fabricantes de computadoras y teléfonos implementan tecnología ad hoc en sus productos.

Uso militar: Quizás es lamentable que las redes ad hoc se concibieran por primera vez para su uso en el departamento militar. Imagínese, una gran cantidad de soldados se extiende en un gran campo de batalla y tienen que comunicarse entre sí. Instalar una infraestructura en el campo de batalla o equipar a cada soldado con un cable está fuera de discusión.

Una opción sería equipar a cada soldado en el campo de batalla con un transmisor, que pueda llegar a todos los demás soldados en todo momento, pero este método no sería el correcto para uso militar. El enemigo estaría interceptando la comunicación con facilidad y con la limitante que solo una persona tendría la posibilidad de utilizar el canal. Las redes ad hoc son óptimas y eficientes para este caso. Donde cada soldado tenga un transmisor. No obstante, el transmisor tendrá

un área de transmisión mucho más limitada y pequeña que el transmisor del ejemplo anteriormente mencionado, por lo que cada soldado solo podrá alcanzar a unos pocos soldados más. Sin embargo, el transmisor equipado en cada soldado estará diseñado para que puedan transmitir mensajes a través de un salto o múltiples saltos. Estos soldados formarían una red ad hoc. Este tipo de red logra ser más robusta, difícil de interceptar y adecuada para el escenario militar. (Dipobagio, 2008).

Uso en sector industrial: La red ad hoc se usa ampliamente para aplicaciones comerciales. La red ad hoc también se puede utilizar en situaciones de emergencia, como el socorro en casos de desastre. El rápido desarrollo de la infraestructura no existente hace que la red ad hoc se pueda utilizar fácilmente en situaciones de emergencia. (Helen, Arivazhagan, 2014)

Uso en misión de rescate y emergencia: Se simula la situación después de un terremoto cuando la infraestructura de comunicación ha dejado de funcionar. Se debe instalar una sustitución de la infraestructura para la operación de rescate. /Para este tipo de emergencia se requiere que la red que se vaya a instalar sea de simple configuración, que se mantenga estable y se adapte a la topología dinámica para que resista a cambios en el número y la densidad de los participantes. Las redes ad hoc, están aptas para este tipo de escenario, debido a que se pueden configurar fácil y rápidamente, están diseñados para poder instalar una red sin infraestructura fija. Las redes ad hoc son temporales. Al momento de establecer y regularizar una nueva infraestructura en el área afectada, se podrá proceder a desinstalar las redes ad hoc con facilidad. (Dipobagio, 2008).

Uso de redes de sensores inalámbricos: Como su término lo indica, las redes de sensores inalámbricos (WSN) se encuentran en la intersección de tres

tecnologías diferentes: comunicaciones inalámbricas, detección y redes. Los WSN consisten en una gran cantidad de nodos sensores, cada uno equipado con un transceptor inalámbrico. El transceptor tiene dos funciones principales: los sensores lo usan para medir y / o detectar actividades. Y la red se utiliza para transmitir la información recopilada a los sumideros de datos. Por lo tanto, el conteo de saltos puede ser alto. Las aplicaciones de WSN son como monitorear animales o áreas muy peligrosas. (Dipobagio, 2008).

2.5.4. Protocolo de comunicación TCP/IP

Es la identificación del grupo de protocolos de red que hacen posible la transferencia de datos en redes, entre equipos informáticos e internet. Las siglas TCP/IP hacen referencia a este grupo de protocolos:

TCP es el Protocolo de Control de Transmisión que permite establecer una conexión y el intercambio de datos entre dos anfitriones. Este protocolo proporciona un transporte fiable de datos. (Robledano, 2019)

IP o protocolo de internet, utiliza direcciones series de cuatro octetos con formato de punto decimal (como por ejemplo 75.4.160.25). Este protocolo lleva los datos a otras máquinas de la red. (Robledano, 2019)

2.5.4.1. Capas TCP/IP

Capa de acceso a la red

Primera capa del TCP/IP nos permite acceder a la red de forma física, especificando el modo de enrutamiento de los datos independientemente de la red que se está utilizando por ejemplo ethernet (IEEE 802.3), FDDI, etc.

Capa de internet o red

Provee los paquetes de datos y administra las direcciones IP (IPv4, IPv6, ICMP).

Capa de transporte

Este nivel permite verificar el estado de la transferencia de información, así como los datos de enrutamiento, los puertos nos permiten asociar un tipo de aplicación con un tipo de dato, como ejemplo se encuentran TCP, UDP, SCTP.

Capa de aplicación

Parte superior del protocolo, el cual proporciona las aplicaciones de red tipo DNS, telnet, NFS, NIS y estas se comunican con las con las capas anteriores con protocolos UDP o TCP.

La capa de aplicación define las aplicaciones de red y los servicios de Internet estándar que puede utilizar un usuario. Estos servicios utilizan la capa de transporte para enviar y recibir datos. (Oracle Corporation, 2010)

Existen varios protocolos de capa de aplicación. En la lista siguiente se incluyen ejemplos de protocolos de capa de aplicación:

- Servicios TCP/IP estándar como los comandos ftp, tftp y telnet.
- Comandos UNIX "r", como rlogin o rsh.
- Servicios de nombres, como NIS o el sistema de nombre de dominio (DNS).
- Servicios de directorio (LDAP).
- Servicios de archivos, como el servicio NFS.

- Protocolo simple de administración de red (SNMP), que permite administrar la red.
- Protocolo RDISC (Router Discovery Server) y protocolos RIP (Routing Information Protocol).

En la figura 2.20 se muestra un esquema de las capas que componen al protocolo de comunicación TCP/IP

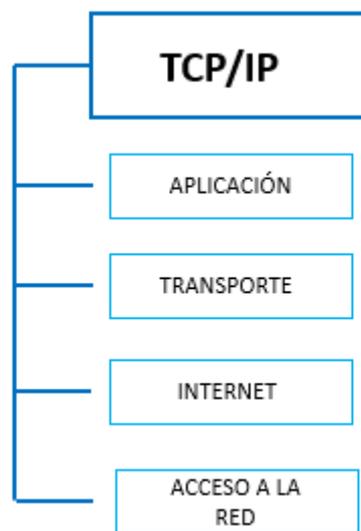


Figura 2. 20: Capas del TCP/IP

Fuente: (Adaptado de Garzas, 2013))

2.5.4.2. Características de TCP/IP

Las principales características son:

- Mantener la comunicación y transmisión entre ordenadores
- Mantener la confiabilidad de la llegada de los paquetes transmitidos
- Encontrar fallos en caso que exista problemas de transmisión
- Conserva el traspaso de información entre varios tipos de estructuras o topología.

- Controla todos sus niveles para mantener la transmisión de los datos.

2.5.4.3. Funciones de TCP/IP

En este segmento se muestra las siguientes funciones del protocolo de comunicación TCP/IP:

- La obtención de la dirección de internet.
- La identificación de máquinas o nodos que se encuentren conectadas a la red.
- La instalación de la utilidad de internet en el sistema.
- La configuración de la base de datos.
- La configuración del arranque del protocolo de comunicación TCP/IP.
- La ejecución del TCP/IP.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

3.1. Consideraciones generales del sistema automatizado

En la siguiente sección se detallará la descripción del sistema domótico, las características y las funciones que realizarán cada uno de los elementos utilizados para la implementación del proyecto mencionado.

3.1.1. Descripción general del sistema domótico

En el diseño propuesto, se presenta un sistema de hogar inteligente de bajo costo para controlar y monitorear remotamente el entorno de la vivienda. El sistema está basado en una arquitectura distribuida conformada por dos tipos de nodos, el primer nodo denominado como nodo gateway (NG), debido a que será el encargado de enlazar la red doméstica con la red de sensores, esta última red conformada por los nodos sensores (NS), véase en la figura 3.1.

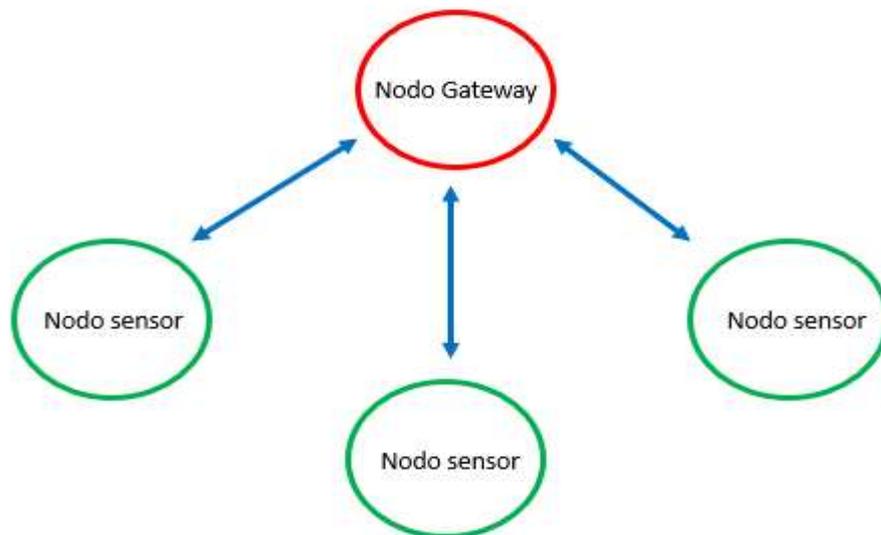


Figura 3.1: Arquitectura distribuida del sistema elaborado

Fuente: Elaboración propia

El sistema consta de una red inalámbrica conformada por los tres nodos sensores (NS) que utilizan el protocolo de comunicaciones WI-FI, en modo Ad-hoc. Además, esta red de sensores es capaz de comunicarse con otra red TCP/IP a través del Nodo Gateway, esta comunicación es precisamente la que se utiliza para que la red de sensores pueda comunicarse con el dispositivo inteligente. Es decir, se tienen dos redes inalámbricas WI-FI comunicándose entre sí, en la primera están los nodos sensores y en la segunda está el dispositivo inteligente, esto con el objetivo de emular a un ambiente real, por ejemplo, en un hogar frecuentemente se tiene un Access Point para que accedan a internet aparatos domésticos como celulares, televisiones, computadoras etc., la red de sensores funciona en una segunda red por temas de seguridad, donde se prefiere separar los sensores de las redes de computadoras convencionales. En la figura 3.2 se muestra el esquema general del sistema domótico elaborado.

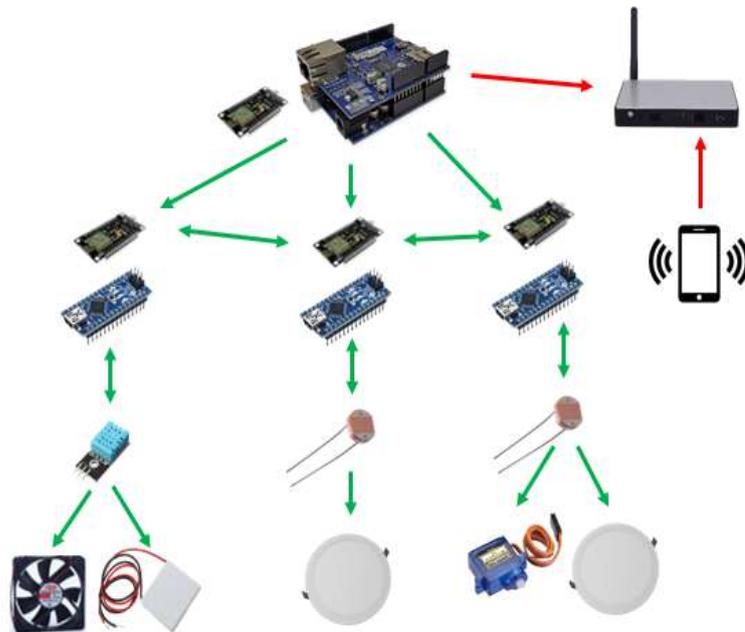


Figura 3. 2: Esquema general del sistema domótico

Fuente: Elaboración propia

Los nodos sensores estarán compuestos principalmente de los módulos nano como unidades de control, teniendo conectados directamente los diferentes sensores y actuadores que son los responsables en realizar las mediciones y el monitoreo de las variables en la vivienda para que según lo que se haya programado o establecido el sistema ejecute las diferentes respuestas posibles frente al entorno, véase en la figura 3.3.

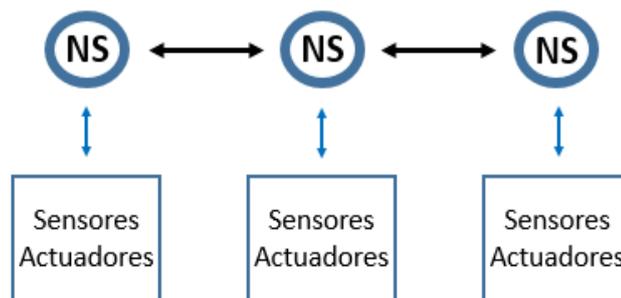


Figura 3.3: Estructura de los nodos sensores

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.4 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento general del sistema domótico.

3.1.2. Caracterización del sistema

El objetivo del proyecto es poder realizar la automatización, integración y monitorización de los dispositivos existentes en una vivienda para brindar una mejor calidad de vida a los usuarios, debido a eso se diseña un sistema con las siguientes características:

- El nodo Gateway estará dirigido por un microcontrolador ATmega 328 el cual operará a una frecuencia máxima de 16MHz, una memoria ram de 2Kb y una memoria flash de 32 Kb, idóneo para que el nodo gateway pueda funcionar sin dificultades al controlar y gestionar a los nodos sensores.

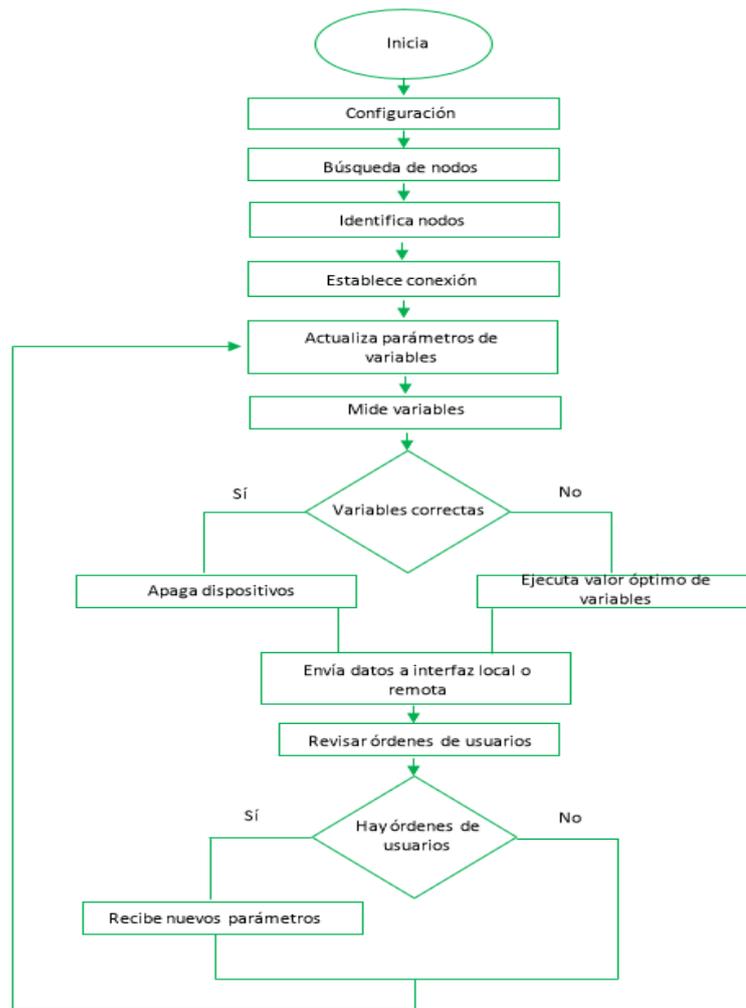


Figura 3.4: Diagrama de flujo general del sistema

Fuente: Elaboración propia

- Para establecer la comunicación inalámbrica con los nodos sensores se utilizó el módulo NODE MCU ESP8266 que incluye un transceptor Wi-Fi 802.11b / g / n HT40, por lo que no solo puede conectarse a una red WiFi, sino que también puede configurar una red propia, permitiendo que otros dispositivos se conecten directamente a él. Esto hace que el sistema se haga eficiente.
- Los nodos sensores dirigidos por microcontroladores ATmega328p operarán a una frecuencia máxima de 16Mhz, con una memoria ram de 1Kb

y una memoria flash de 16 Kb, haciendo denotar que los microcontroladores de los nodos sensores trabajarán con una menor cantidad de recursos que el del nodo gateway, pero más que suficientes para funcionar correctamente frente a lo que se requiere.

- Se utilizó la topología tipo malla entre los nodos sensores ya que se requería en el sistema un método antifallo donde los nodos sensores se podrían comunicar entre ellos en caso de que exista una avería en el nodo Gateway.
- Los nodos sensores contarán con los siguientes sensores para su funcionamiento: DHT11 que cuenta con un rango de temperatura entre 0° a 50° , su voltaje de operatividad es de 5v, Fotorresistencias cuya resistencia en luz (10 lux) está entre 8K-20K Ohm y resistencia en oscuridad es de 1M Ohm.
- Para el sistema elaborado se incluyó los siguientes actuadores: Motores SG-90 que operan con un voltaje de +5V, su rotación les permite girar de 0° a 180° con una velocidad de operación de 0.1s/ 60° pudiendo resistir hasta un peso de 2.5kg/cm, ventiladores DC cuyo voltaje requerido es de 4.5 a 5V con un amperaje de 0.18A, su velocidad nominal es de 1500rpm, celda peltier que funciona con 12V y 6A, trabaja con una temperatura entre -58°F a 181.4°F .

3.1.3. Funciones del sistema

El sistema diseñado consta de las siguientes funciones:

Función primaria:

- Control de iluminación en ambientes interiores y exteriores
- Control de temperatura.

Funciones secundarias:

- Monitoreo de variables medidas por los nodos sensores.
- Encendido y apagado del sistema de climatización
- Apertura y cierre de persianas.
- Supervisión de las variables mediante el dispositivo inteligente a usar.
- Función automática del sistema, donde opere bajo un rango de variables.

3.2. Análisis de red

En este apartado se informará el análisis efectuado a la red del sistema domótico realizado en este proyecto

3.2.1. Arquitectura de red

Para el diseño del sistema domótico se propuso cuatro niveles jerárquicos de las cuales se tiene:

- Nivel de supervisión: En este nivel, como su nombre lo indica, es el encargado de supervisar el funcionamiento del sistema, para eso se ha elaborado una aplicación utilizando el programa MIT APP Inventor, el cual nos permite observar variables tomadas a través de los sensores.
- Nivel de comunicación: Aquí se toma en cuenta la comunicación inalámbrica a través de los nodos, estableciendo una comunicación a los diferentes nodos sensores con el módulo NODE MCU ESP8266 y teniendo como receptores a los esp01 8266, cabe mencionar que los nodos sensores están conectados mediante la red AD-HOC que permitirá la conexión sin internet en caso que el usuario lo requiera.

- Nivel de control: Este nivel está compuesto por los nodos sensores, los encargados a ejecutar las acciones dictadas por el usuario o en su forma automática tomará en cuenta las variables medidas y bajo los parámetros establecidos ejecutará el sistema.
- Nivel de campo: El nivel más bajo de la jerarquía, donde se realiza la adquisición de datos por medio de los sensores y se ejecuta el sistema mediante los actuadores.

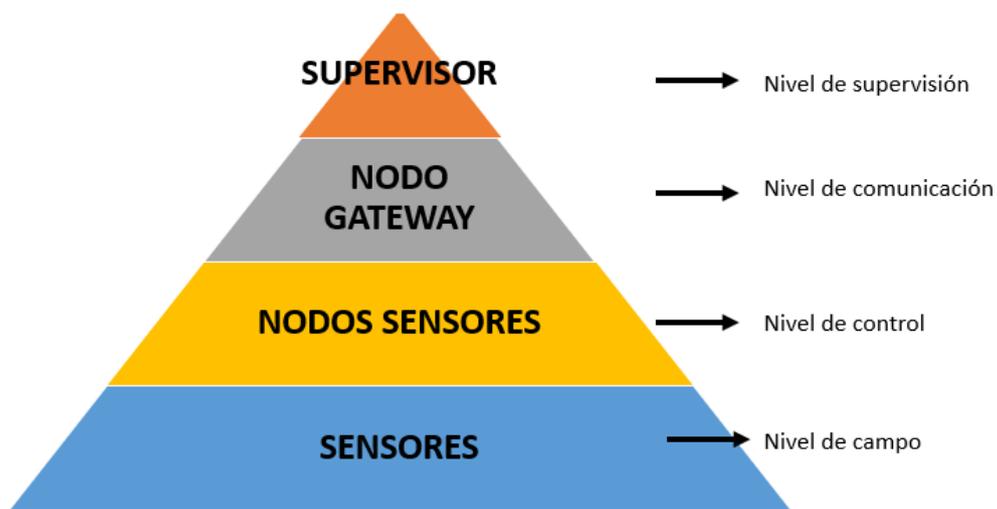


Figura 3. 5: Arquitectura del sistema domótico

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Topología de la red inalámbrica

Para el sistema diseñado se utilizó la topología tipo malla, donde cada nodo (NG y NS) se encuentran conectados de forma inalámbrica con cada uno de ellos. Esta topología nos brinda la facilidad de enviar información por diferentes caminos en caso de que exista un fallo, por ende, esta red es autoruteable ya que puede funcionar inclusive cuando se vaya a realizar un mantenimiento o se retire un nodo, la conexión no fallará. En otras palabras, el resto de nodos evitará el paso por ese

punto, siendo una red con alta fiabilidad y confiabilidad. En la figura 3.6 se muestra la topología implementada para el sistema domótico elaborado.

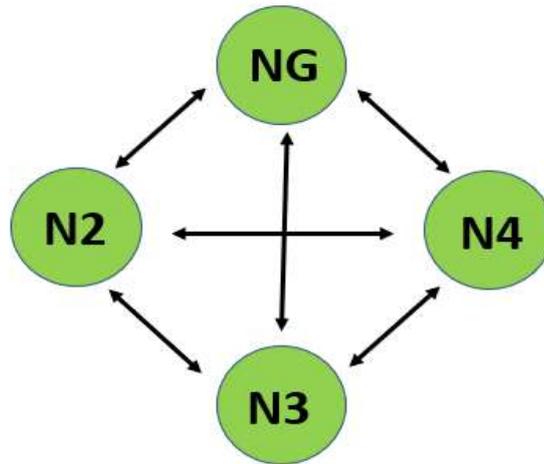


Figura 3. 6: Topología de conexión entre los nodos (malla)

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Plano

En esta sección se muestra en la figura 3.7 el plano de la maqueta con los diferentes elementos instalados teniendo las dos luces del exterior de la vivienda y los tres servomotores conformados por el nodo 3, la luz interior que forma parte del nodo 4 y el sistema de climatización (los ventiladores DC y la celda peltier) que constituyen el nodo 2.

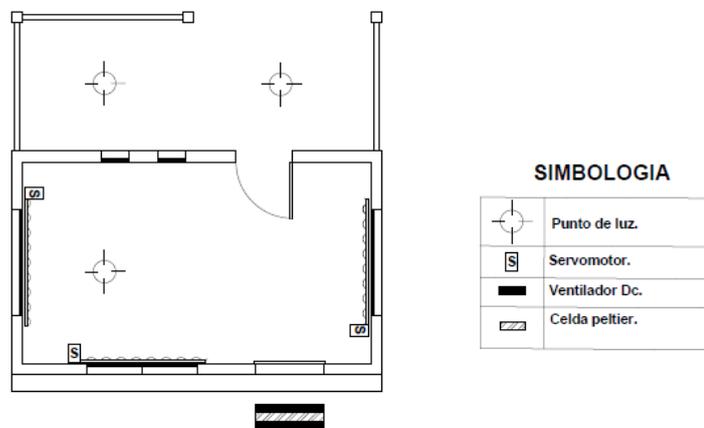


Figura 3. 7: Plano de la maqueta elaborada

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Análisis del diseño del hardware del sistema

En este apartado se realizará el análisis del diseño donde se detalla cómo está compuesto, junto a su funcionamiento en la cual se controla diferentes dispositivos enfatizando en la iluminación y climatización de una vivienda por medio de una interfaz hombre-máquina elaborada con la plataforma de Android. Para una mejor explicación se dividirá en cuatro nodos o subsistemas.

Primer nodo

Aquí se encuentra el nodo Gateway, este nodo está diseñado para permitir la comunicación entre la red de sensores y la red doméstica, como se muestra en la figura 3.8, el nodo comunica a los nodos sensores por un módulo WI-FI (Node MCU), para este diseño se utilizó un arduino uno, junto con el ethernet shield, la cual permitirá transmitir la información enviada desde el smartphone a la red de sensores.

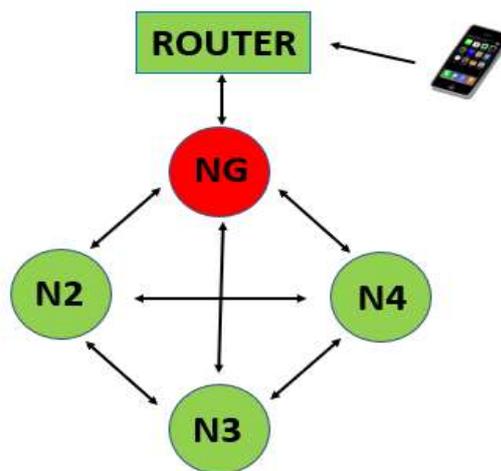


Figura 3.8: Nodo Gateway

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.9 se muestra los componentes internos del nodo y en las figuras 3.10 y 3.11 se muestra el esquema eléctrico y el nodo Gateway implementado.

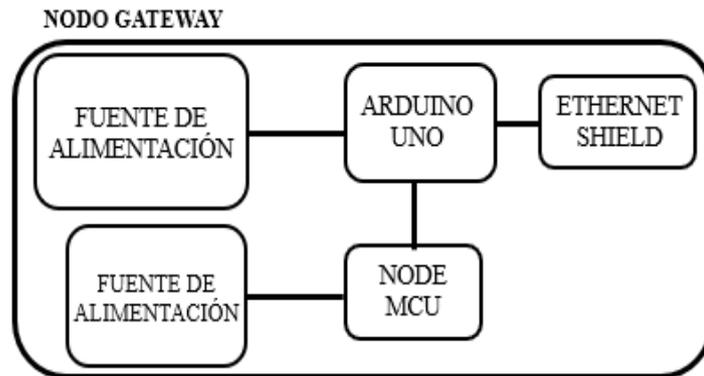


Figura 3.9: Componentes del nodo Gateway (NG)

Fuente: Elaboración propia

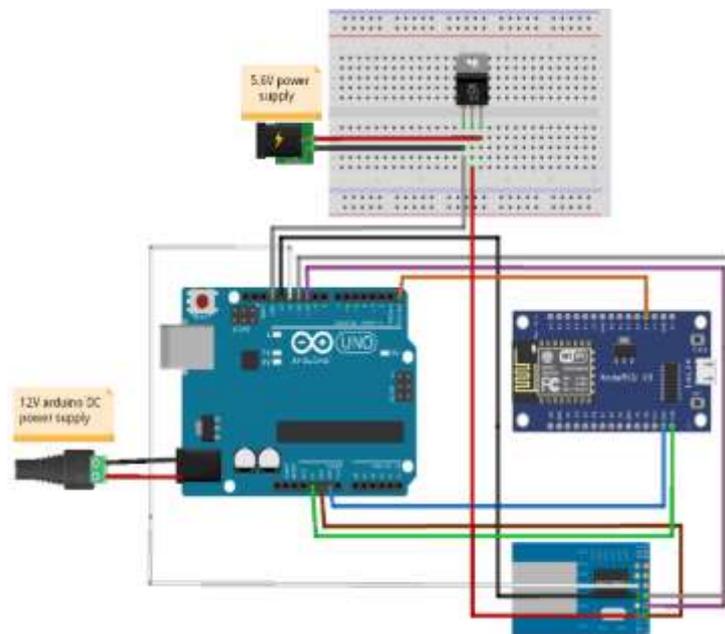


Figura 3.10: Esquema eléctrico del primer nodo (Nodo Gateway)

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. 11: Primero nodo (Nodo Gateway)

Fuente: Elaboración propia

Segundo nodo (nodo sensor)

El segundo nodo forma parte de la red de sensores, Este incluye el sistema de climatización donde se simula un aire acondicionado con una celda peltier, cuya función es generar diferencias de temperaturas, en una cara generará calor y en la otra frío, esta celda se utilizó con dos disipadores y dos ventiladores cada uno en un lado de la celda, conectado al sistema de climatización se instaló un sensor DHT11, para que en determinada temperatura se apague o se encienda y un display OLED, que nos indicará la temperatura que se está midiendo a tiempo real, véase en la figura 3.13 el diseño del esquema eléctrico del nodo y en la figura 3.14 se puede observar el nodo dos. En la figura 3.12 se puede observar los componentes internos utilizados en el nodo sensor dos.

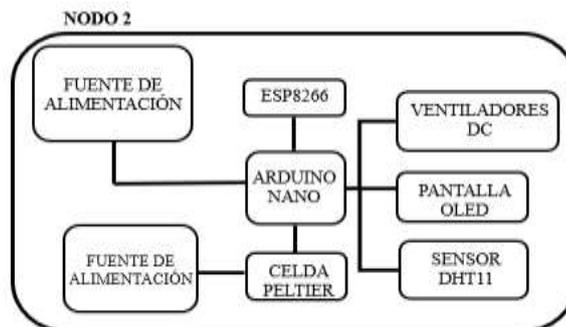


Figura 3. 12: Componentes del nodo dos (NS)

Fuente: Elaboración propia

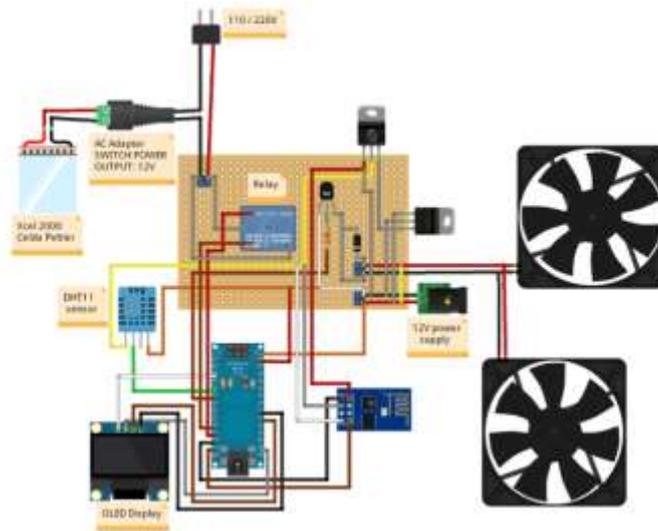


Figura 3. 13: Esquema eléctrico del segundo nodo (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. 14: Segundo nodo (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia

Tercer nodo (nodo sensor)

En cuanto al tercer nodo se realizó el control de las persianas con tres servomotores SG90, lo que nos permitirán el movimiento, de forma horizontal, también se puso dos lámparas LED para la parte exterior de la vivienda efectuando el control PID a través de una fotoresistencia que medirá la luminosidad del ambiente, indicando al sistema si hay o no luz para encenderlas o apagarlas, véase en la figura 3.16 el esquema eléctrico del nodo y 3.17 el nodo tres implementado,

este nodo también forma parte de la red de sensores. Los componentes internos utilizados en el nodo se los puede observar en la figura 3.15.

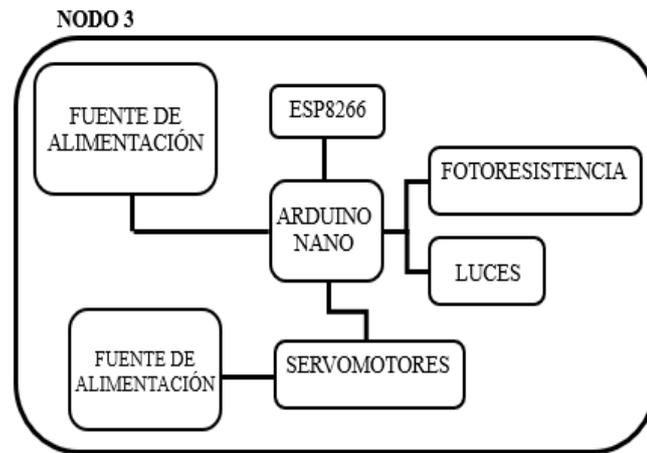


Figura 3. 15: Componentes del nodo tres (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia

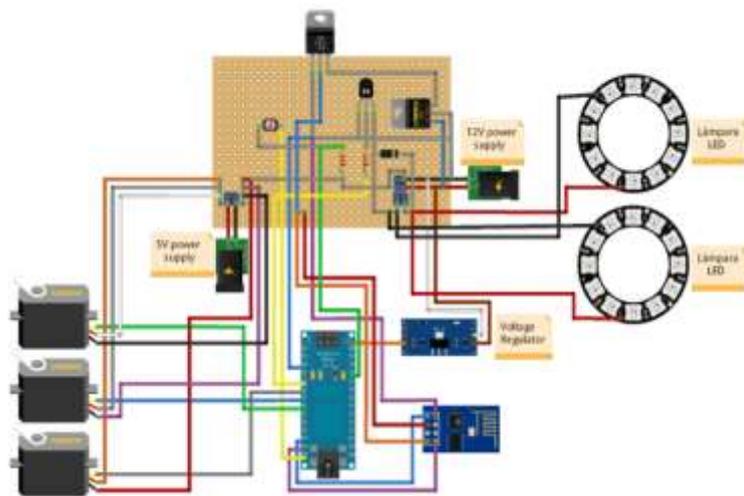


Figura 3. 16: Sistema eléctrico del tercer nodo (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia

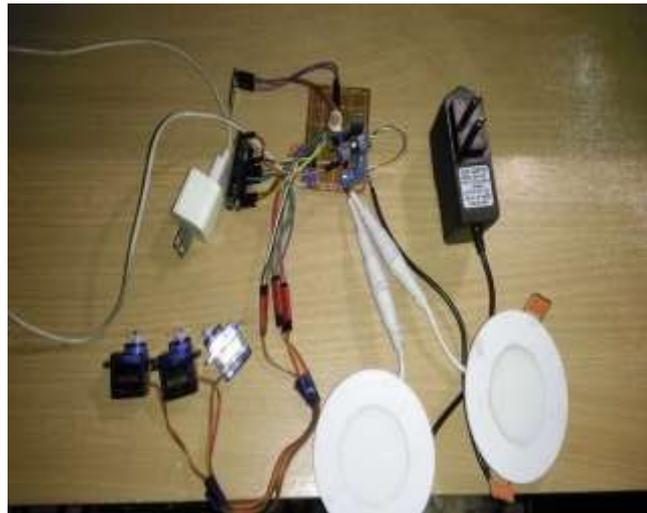


Figura 3. 17: Tercer nodo (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia

Cuarto nodo (nodo sensor)

Referente al cuarto nodo, se instaló una lámpara LED en la parte interior de la vivienda, al igual que el tercer nodo, se controlará la intensidad de luz en la lámpara, se separó este foco LED de los otros dos, debido a que el funcionamiento de este será bajo otras condiciones, se muestra en la figura 3.19 el esquema eléctrico del circuito y 3.20 el nodo sensor implementado.

En la figura 3.18 se observa los componentes internos que conforman el nodo 4.

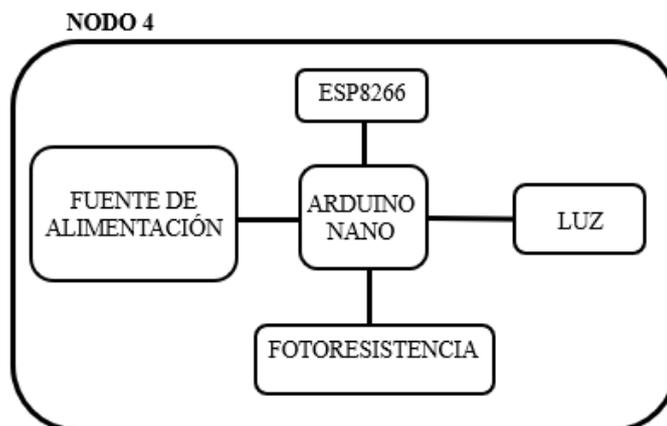


Figura 3. 18: Componentes del cuarto nodo (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia

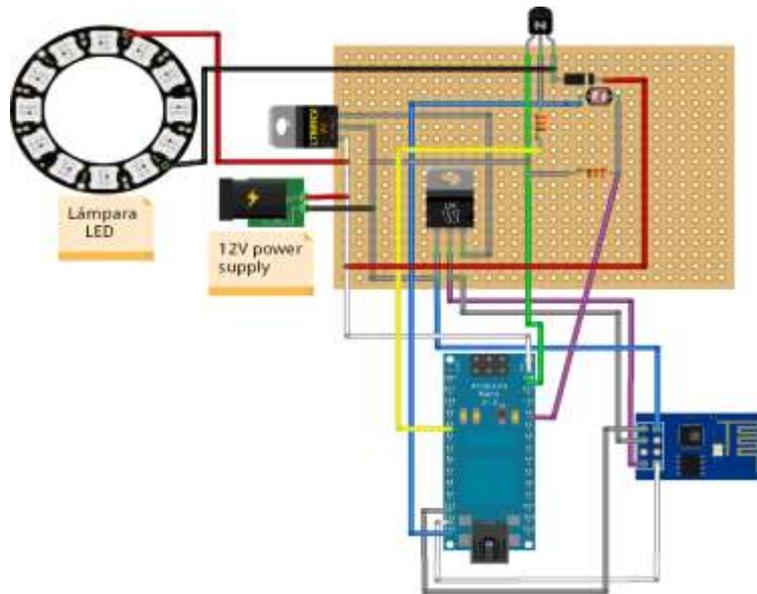


Figura 3. 19: Esquema eléctrico del Cuarto nodo (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. 20: Cuarto nodo (Nodo sensor)

Fuente: Elaboración propia

Los nodos 2, 3, 4 llevan como microcontrolador a un arduino nano comunicándose cada uno por WI-FI a través de los módulos esp8266, como se detalla en la figura 3.21.

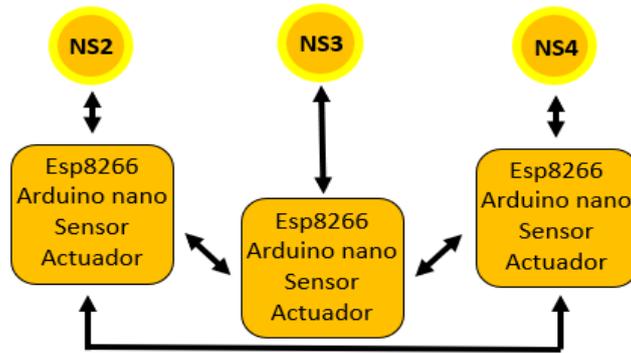


Figura 3. 21: Comunicación inalámbrica entre los nodos sensores

Fuente: Elaboración propia

Para el modo de conexión del sistema como primer paso se debe conectar el cable ethernet del Nodo Gateway al Access Point donde se encuentra conectado el smartphone a través de WI-FI. A continuación, se procede a alimentar el nodo Gateway a una fuente de 110V AC con el regulador de voltaje que se ha incluido en el diseño. Posteriormente se procede a alimentar con 110V AC a la red de nodos sensores (Nodo 2, Nodo 3, Nodo 4), de igual forma los reguladores han sido incluidos para cada nodo en el diseño, tal como se observa en la figura 3.22.



Figura 3. 22: Conexión del sistema doméstico

Fuente: Elaboración propia

3.3. Análisis del diseño del software del sistema

Para este apartado se realizará el análisis respectivo dividiéndolo en dos partes, uno siendo el de programación para el funcionamiento de los sensores y actuadores, así como la comunicación de los nodos y como segundo punto se analiza el software realizado con la herramienta app inventor para el manejo a distancia del sistema mediante un dispositivo inteligente.

3.3.1. Diseño del software

En esta sección se analiza el desarrollo de la programación elaborada de cada nodo con el entorno de desarrollo interactivo (IDE) de Arduino, el lenguaje de programación que se utilizó es el C++. Se diseñó la red de nodos sensores con la capacidad de poder operar de forma manual o automáticamente para brindarle comodidad al usuario.

El nodo Gateway se conecta por ethernet al router para entrar a la red de la vivienda denominada router_domótica, a la cual estará conectada el dispositivo inteligente, a su vez el NODE MCU creará una segunda red nombrada domótica que permitirá el acceso a la red de sensores de nuestro sistema a través del protocolo WIFI como se observa en la figura 3.23, el NODE MCU es el encargado de asignar las IP a los diferentes nodos sensores conectados a la red. En la figura 3.24 se muestra las redes y direccionamiento IP de los nodos.

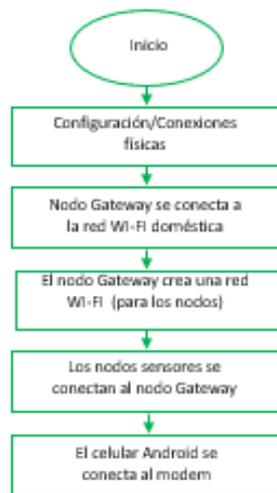


Figura 3. 23: Conexión del nodo gateway

Fuente: Elaboración propia

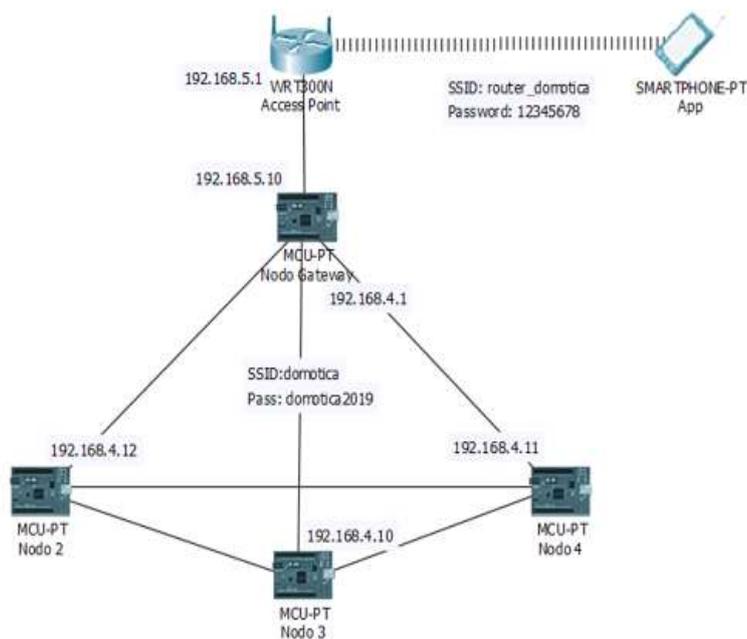


Figura 3. 24: Redes y direccionamiento IP

Fuente: Elaboración propia

Referente al nodo 2, es el encargado de la climatización de la vivienda, se programó este nodo para que el sensor DHT11 mida la temperatura de la casa junto con una pantalla oled que mostrará a tiempo real la temperatura medida por el

sensor, una vez que el sensor detecte una temperatura mayor a 28°C este enviará una señal al módulo Arduino para que se ejecute el encendido de los ventiladores DC y la celda peltier, una vez realizado dicho proceso el sensor seguirá midiendo hasta un rango de 26°, habiendo llegado a esa temperatura automáticamente se generará una orden para apagar los ventiladores y la celda peltier. En la figura 3.25 se muestra el funcionamiento del nodo 2.

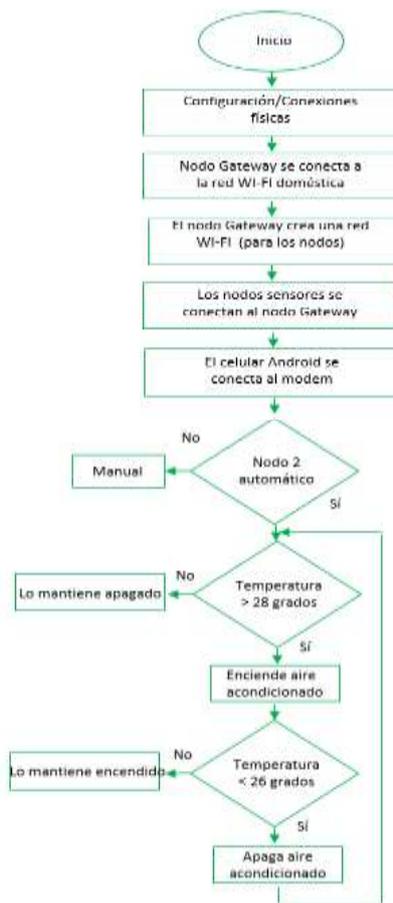


Figura 3.25: Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo 2

Fuente: Elaboración propia

Para el código de programación del nodo 3, este nodo se basa en la iluminación de la parte exterior de la vivienda al igual que de los motores que manejarán las persianas dentro de la casa, de forma automática el nodo estará

sensando la intensidad de luz ambiente por medio de la fotorresistencia, si la intensidad de luz que mide es baja la fotorresistencia enviará una señal al módulo arduino alertando del suceso e inmediatamente el microcontrolador tomará la decisión de encender las luces y cerrará las persianas y bajo ese funcionamiento si el sensor detecta una mayor cantidad de intensidad de luz se enviará una señal y el microcontrolador ejecutará la orden de apagar las luces y abrir las persianas, como se detalla en la figura 3.26.

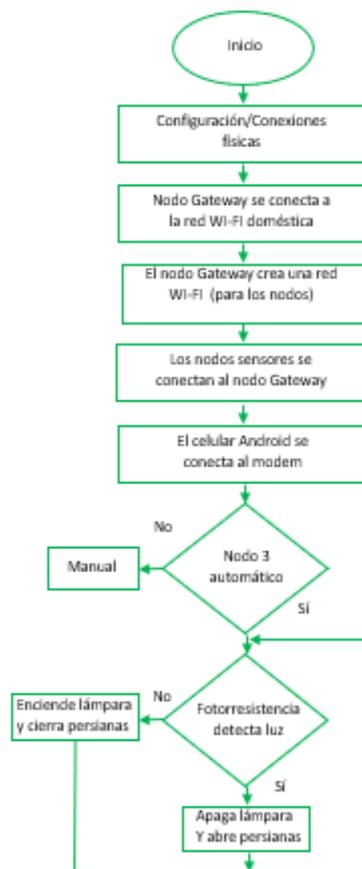


Figura 3. 26: Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo 3

Fuente: Elaboración propia

A continuación, el código de programación para el nodo 4 está basado en la iluminación del interior de la vivienda, este nodo al igual que el nodo 3 una

fotoresistencia estará sensando la intensidad de luz, al detectar menor intensidad de luz en sensor enviará una respuesta al Arduino para así ejecutar una orden al foco de encenderse y así mismo apagar el foco cuando sense una mayor cantidad de intensidad. En la figura 3.27 se muestra el funcionamiento del nodo 4.

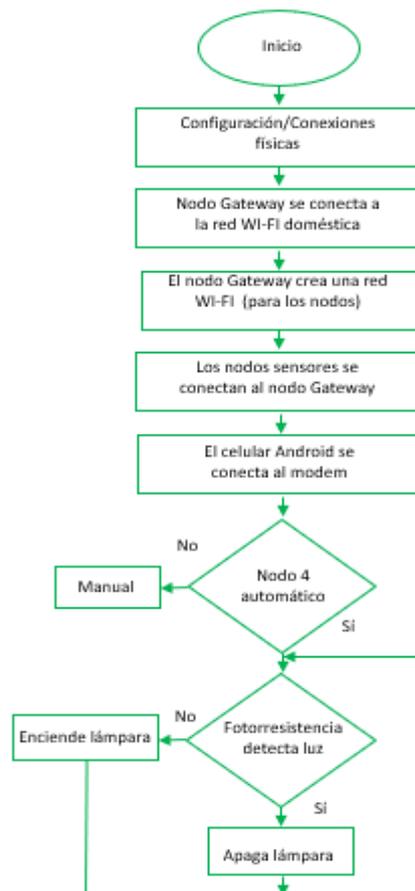


Figura 3.27: Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo 4

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Diseño del software para la interfaz de usuario

Para el diseño del software se realizó el desarrollo de un aplicativo móvil llamado MIT app inventor basado en el sistema operativo Android, con una interfaz amigable para el fácil aprendizaje de los comandos implementados en el sistema domótico, el programa detalla cada uno de los nodos sensores ya que se encuentra

embebido con sus respectivas funciones e interacciones con el sistema completo, dando la posibilidad de poner el sistema en modo automático y permitiéndole tomar decisiones por si solo con las respectivas variables de entrada que detecten los sensores, también el aplicativo tiene un apartado que nos permite controlar manualmente los actuadores pudiendo activar, desactivar y controlar persianas, sistema de ventilación e iluminación, las siguiente figura muestra la interfaz de la aplicación (3.28).



Figura 3. 28: Interfaz de usuario para control del sistema

Fuente: Elaboración propia

3.4. Pruebas de funcionamiento

Realizar pruebas de funcionamiento permite constatar que el proyecto realizado cumpla con las descripción y funciones asignadas al inicio, a continuación, se presentarán los resultados adquiridos.

3.4.1. Pruebas de cobertura del teléfono celular frente a los nodos

Objetivo de la prueba: Determinar la distancia máxima que puede operar el dispositivo inteligente

Variables que intervienen: Ruido, señal de comunicación, recepción y envío de datos

Desarrollo del experimento: Para poder realizar esta prueba se procedió a tomar diez muestras, en la cual cada muestra representaría una determinada distancia. En la figura 3.29 se observa la gráfica de los resultados obtenidos de la prueba de cobertura del teléfono inteligente frente a los nodos donde 0 es que la comunicación se realiza sin problema y 1 la comunicación ha fallado.

Tabla 1. Resultados de prueba de cobertura del teléfono frente a los nodos

Distancia (m)	Error
1	0
3	0
5	0
7	0
9	0
11	0
13	0
15	1
17	1
19	1

Fuente: Elaboración propia

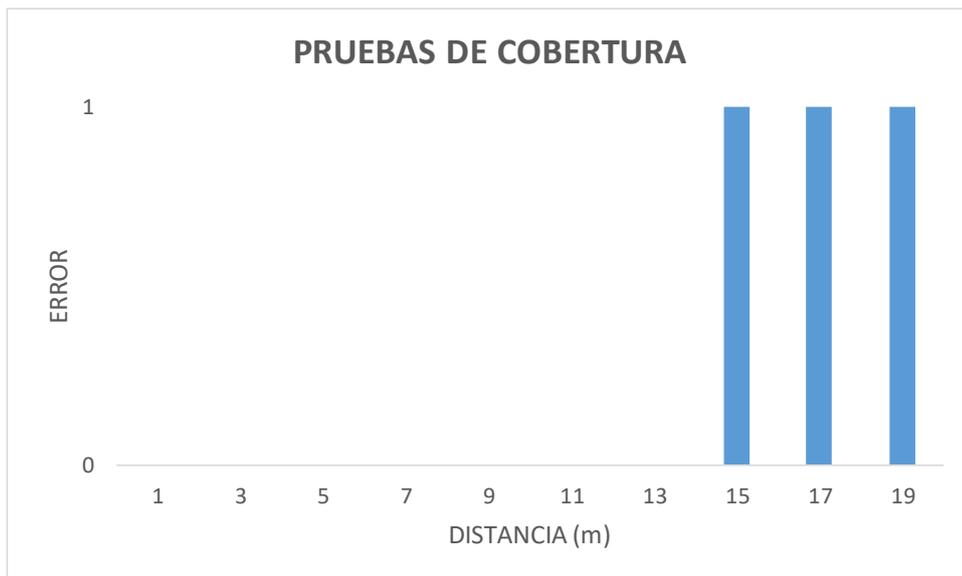


Figura 3. 29: Resultados de prueba de cobertura del teléfono frente a los nodos

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Pruebas de tiempo de respuesta

Objetivo de la prueba: Determinar el tiempo de respuesta del sistema implementado, utilizando el dispositivo inteligente.

Variables que intervienen: Sensores, actuadores, comunicación

Desarrollo del experimento: Para la prueba de tiempo de respuesta se trabajó con los tres nodos en funcionamiento.

Tabla 2. Resultados de tiempo de respuesta

Número de pruebas	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4
1	600000 us	900000 us	500000 us
2	1100000 us	900000 us	1010000 us
3	500000 us	800000 us	800000 us
4	500000 us	1010000 us	900000 us
5	1300000 us	900000 us	1320000 us
6	700000 us	600000 us	910000 us
7	800000 us	500000 us	600000 us
8	900000 us	1200000 us	1000000 us
9	1200000 us	1180000 us	950000 us

10	600000 us	920000 us	860000 us
----	-----------	-----------	-----------

Fuente: Elaboración propia

La realización de esta prueba permitió conocer el rango de velocidad a la que trabaja cada nodo sensor al momento de utilizar la aplicación desarrollada para el dispositivo inteligente con un tiempo entre 0.5 s a 1.3s como se puede observar en la figura 3.30 donde el nodo 2 está representado por la línea azul, la línea naranja representa el nodo 3 y el nodo 4 es simbolizado por la línea gris.

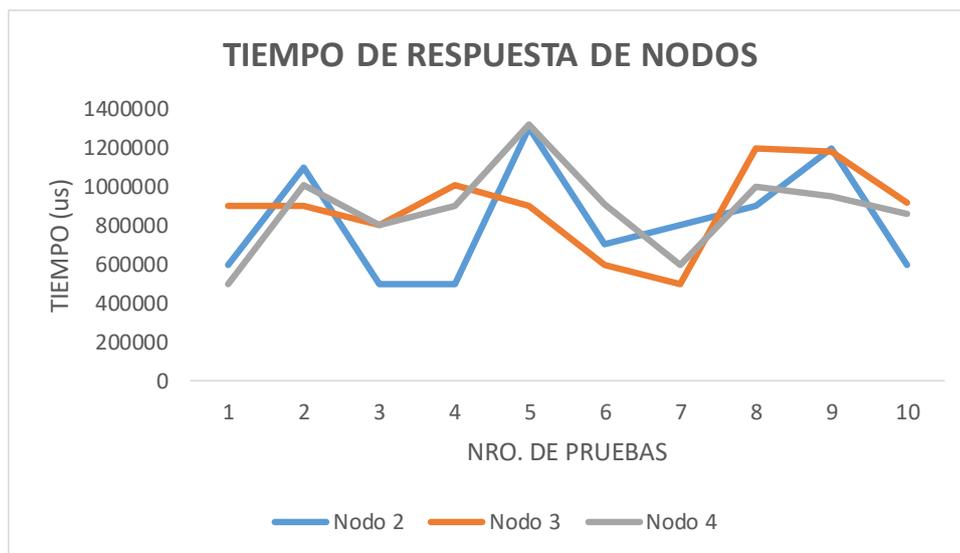


Figura 3. 30: Resultados de prueba del tiempo de respuesta del sistema implementado

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Pruebas cobertura entre los módulos inalámbricos

Objetivo de prueba: Analizar hasta que distancia pueden trabajar de forma óptima los módulos ESP 01 8266 sin que ocurra fallos.

Variables que intervienen: Módulos de comunicación, ruido, distancia.

Desarrollo del experimento: Esta prueba fue realizada con el sistema en funcionamiento, alejando un nodo sensor del resto, se tomó 14 muestras para

obtener un análisis más preciso y como resultado se obtuvo que la distancia máxima que pueden operar estos módulos es hasta los diez metros tal como se observa en la figura 3.31.

Tabla 3. Pruebas de cobertura entre los módulos inalámbricos

Distancia (m)	Error
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	1
12	1
13	1
14	1

Fuente: Elaboración propia

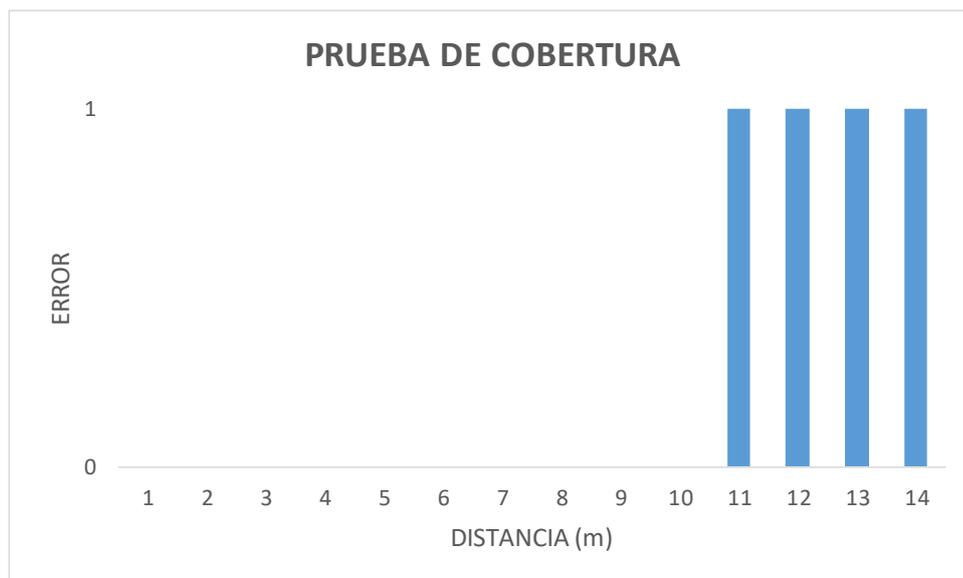


Figura 3.31: Resultados de prueba de cobertura entre los módulos inalámbricos

Fuente: Elaboración propia

3.5. Costos de implementación

En este apartado se detalla el costo de cada material y la cantidad utilizada para la implementación del proyecto, obteniendo un costo total de \$182,89.

Tabla 4. Descripción de materiales con sus respectivos costos

Descripción	Cantidad	P.Unitario	P.Total
Ethernet shield HanRun	1	\$7,00	\$7,00
Arduino 1	1	\$11,50	\$11,50
Arduino nano	3	\$7,00	\$21,00
Node NCU	1	\$12,00	\$12,00
ESP 01 8266	3	\$5,48	\$16,44
Regulador 5V	1	\$1,00	\$1,00
Fotoresistencia	2	\$1,00	\$2,00
Regulador 9V	3	\$0,95	\$2,85
Regulador 3V	3	\$0,60	\$1,80
Resistencia	5	\$0,05	\$0,25
Transistor	3	\$0,40	\$1,20
Diodo	3	\$0,40	\$1,20
Lámparas LED	3	\$2,50	\$7,50
Fuente 12V - 2A	4	\$8,50	\$34,00
Cables	1	\$6,40	\$6,40
Fuente 5V - 1A	1	\$4,00	\$4,00
Servomotor SG-90	3	\$5,00	\$15,00
Fuente 12V - 5A	1	\$9,50	\$9,50
Ventilador 12V	2	\$2,80	\$5,60
Celda Peltier	1	\$6,00	\$6,00
Display OLED	1	\$6,89	\$6,89
Relé 110 V	1	\$2,50	\$2,50
Sensor DHT-11	1	\$3,00	\$3,00
Disipador	2	\$1,13	\$2,26
Pasta térmica	1	\$2,00	\$2,00
		TOTAL	\$182,89

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este apartado tiene como objetivo principal comparar los resultados obtenidos a través del funcionamiento de sistema domótico realizado y lo propuesto en los capítulos anteriores con el fin de realizar un breve análisis de estos.

4.1. Presentación de resultados

En esta sección se presentará los resultados conseguidos relacionados con el estado del arte, los dispositivos del sistema, el software utilizado y las funciones mencionadas anteriormente

4.1.1. Resultados referentes al estado del arte

Se realizó un análisis y estudio en el campo de la domótica con el fin de recabar información para elaborar el presente trabajo de titulación, dicha información ahora forma parte de este proyecto que se elaboró, ya que fue pieza clave para poder abarcar el tema propuesto.

Con este análisis se pudo destacar que los sistemas de automatización para viviendas inteligentes tienen gran potencial, donde se están desarrollando varios sistemas domóticos, pero que la mayoría de ellos tiene limitaciones en términos de alto costo, eficiencia, robustez y flexibilidad (Puri y Nayyar, 2016), al contrario del que se ha implementado, demostrando su bajo costo, alta escalabilidad y eficiencia frente al entorno.

4.1.2. Resultados del Hardware

Para la implementación del sistema domótico en este proyecto se realizó dos redes de comunicación: La primera red conformada por los tres nodos sensores

(NS) en modo ad-hoc utilizando el protocolo de comunicaciones wi-fi, esta red permite al usuario poder operar al sistema implementado de forma automática. La segunda red está compuesta por los nodos sensores (NS) en comunicación con el dispositivo inteligente a través de un nodo Gateway (NG) utilizando el protocolo de comunicaciones tcp/ip, permitiendo al usuario a acceder a la aplicación desarrollada y así manejar el sistema implementado de forma manual, es decir que el sistema elaborado cuenta con dos redes de comunicación y en caso que la aplicación o la comunicación entre el celular y los nodos sensores falle, el sistema pueda seguir con su funcionamiento a través de la primera red.

El sistema domótico cuenta con dos partes principales, los nodos sensores que son los encargados de medir las variables frente al entorno y a su vez ejecutar las acciones definidas y el nodo Gateway con el objetivo de permitir la comunicación entre los nodos sensores y el smartphone.

Nodo gateway: Este nodo se encuentra conformado por los siguientes elementos: el NODE MCU que permite la comunicación inalámbrica con los nodos sensores del sistema, el ethernet shield HanRun que nos da la posibilidad a la conexión del nodo Gateway con el router, donde estará conectado el dispositivo inteligente y como controlador se utilizó un ATMEGA328.

Nodos sensores: Los nodos sensores están compuestos cada uno por un microcontrolador ATMEGA328, módulos ESP8266 (módulos de comunicación inalámbrica), sensores y actuadores. Estos nodos tienen la responsabilidad del completo funcionamiento del sistema ya sea con la respectiva climatización de la vivienda e iluminación, debido a que son los encargados de las mediciones de variables y efectuar una respuesta frente al entorno.

4.1.3. Resultados del software

Para el proyecto de titulación se desarrolló un sistema firmware con la plataforma de Arduino, utilizando el lenguaje C++, que permita controlar los nodos sensores dando la posibilidad al usuario de hacerlos operar de forma manual o automática. Se realizó la respectiva programación para la comunicación entre el NODE MCU y los módulos ESP8266 que permita a los nodos sensores comunicarse de forma inalámbrica.

En cuanto a la aplicación desarrollada para el dispositivo inteligente se elaboró una interfaz amigable para el fácil manejo, se la realizó a través de la plataforma MIT APP Inventor utilizando el lenguaje de programación C.

4.1.4. Resultados de pruebas del proyecto

Se realizaron tres diferentes pruebas para evaluar el funcionamiento del proyecto, teniendo dichos resultados como satisfactorios.

En cuanto a la prueba de cobertura del teléfono celular frente a los nodos continuó la conectividad del dispositivo inteligente hasta los 14 metros, lo cual es una distancia óptima para poder trabajar dentro de la vivienda.

Referente a la prueba de tiempo de respuesta de los nodos, se quedó en la conclusión que el sistema funcionando a su máxima carga opera con un rango entre 0.5s a 1.3s, siendo una velocidad eficiente, tomando en cuenta que los dispositivos utilizados son de bajo costo.

Con la prueba de cobertura entre los nodos inalámbricos se alejó un módulo ESP8266 del resto de nodos para observar hasta que distancia puede funcionar,

teniendo como resultado una distancia de diez metros, distancia la cual permitirá trabajar en perfecto estado al sistema en el hogar.

4.2. Discusión de resultados

En esta sección a partir de los resultados obtenidos en este proyecto, se crea una discusión para fundamentar los logros conseguidos en la realización de este trabajo.

4.2.1. Cumplimiento de los objetivos

En este apartado se justificará si los objetivos propuestos al inicio de este trabajo se cumplieron satisfactoriamente en el desarrollo del mismo

4.2.1.1. Objetivo general

Se analizaron varios elementos electrónicos disponibles en el mercado y sistemas domóticos implementados, para así poder elegir lo más conveniente a nuestro sistema, pudiendo analizar de forma exitosa los dispositivos a utilizar, implementando un sistema enfocado a la iluminación y climatización de bajo costo.

4.2.1.2. Objetivos específicos

Para el cumplimiento de los objetivos específicos se logró diseñar con éxito un sistema con arquitectura distribuida, conformado por nodos, por la cual, cada uno de ellos se comunica de forma inalámbrica mediante los módulos ESP8266. El sistema implementado tiene un presupuesto de \$182,89, siendo un sistema económico, capaz de estar al alcance de todas las personas.

En cuanto al desarrollo de la interfaz se obtuvo un resultado satisfactorio, debido que la aplicación es de sencillo uso lo que facilita el aprendizaje de esta.

4.2.1.3. Cumplimiento de la metodología

Para la realización de este trabajo de titulación se utilizó la metodología de tipo correlacional basándose en los métodos experimental y bibliográficos. El método bibliográfico se lo usó debido a que se requería recopilar gran cantidad de información referente al tema a realizar. Referente al método experimental fue de gran importancia debido a que se necesitaba realizar pruebas de funcionamiento al sistema para afirmar su correcta operatividad.

4.2.2. Cumplimiento de la solución del problema de investigación

Mediante la elaboración del sistema domótico realizado en este trabajo se pudo abarcar en su totalidad el problema de investigación, diseñando un sistema domótico con arquitectura distribuida la cual permitirá un sistema flexible, robusto y escalable permitiendo al usuario en cualquier momento poder agregar o sustituir nodos sin afectar el funcionamiento del sistema implementado. El proyecto se realizó con materiales de bajo costo con módulos ESP8266 para su comunicación inalámbrica. Se conectó a los nodos sensores en modo ad-hoc como alternativa para en caso de posible fallo de la comunicación entre el nodo Gateway y el dispositivo inteligente continúen su funcionamiento, este tipo de conexión también permite a cada nodo sensor trabajar independientemente. El proyecto está conformado por materiales de bajo costo para la disponibilidad de todas las personas.

4.2.3. Discusión final

Los objetivos planteados en este trabajo de titulación pudieron cumplirse de forma exitosa, resolviendo el problema estipulado en el primer capítulo. El sistema domótico implementado tiene la capacidad de agregar más nodos al sistema, teniendo como principal característica su alta escalabilidad, en cuanto al factor

económico, se puede observar que es un sistema económico implementado con materiales sencillos de conseguir.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentarán las diferentes conclusiones y recomendaciones que se pueden establecer, debido al análisis de los objetivos realizados.

5.1. Conclusiones

La finalización del trabajo presente permite concluir de la siguiente manera:

- La arquitectura distribuida implementada, permite la escalabilidad del sistema, generando de forma sencilla agregar nuevos nodos al sistema domótico.
- La comunicación implementada entre los nodos sensores (ad-hoc) permite a las redes inalámbricas poder operar en lugares amplios debido a que cada nodo se convierte en un transmisor y receptor de información y así la información pueda llegar a un nodo que no esté al alcance de la cobertura.
- La comunicación realizada a través del celular con el sistema elaborado permite utilizar el dispositivo inteligente con un rango de hasta 14 metros de distancia, el cual acorde a las dimensiones de una vivienda, es óptimo para su funcionamiento y comodidad del usuario.
- Los módulos de comunicación inalámbrica ESP8266 tienen una gran velocidad de respuesta frente al entorno, permitiendo una comunicación rápida y fiable.
- Los módulos ESP8266 pueden operar correctamente dentro de una vivienda para sistemas domóticos con una distancia máxima entre ellos de diez metros.

5.2. Recomendaciones

- Tener un plan de respaldo como el sistema desarrollado, pues en caso de un posible fallo en la comunicación inalámbrica, este pueda funcionar de forma autónoma.
- Se recomienda realizar pruebas de funcionamiento a todos los elementos que se utilizan para que, al momento de implementar no ocurran imprevistos.

5.3. Trabajos a futuro

El sistema domótico elaborado en su primera etapa nos da acceso al control de persianas, luces y sistema de climatización. Debido a la escalabilidad del sistema efectuado, se puede realizar para una segunda etapa la integración de un sistema de seguridad a la vivienda, ya sea con la instalación de videocámaras de seguridad, sensores de presencia, cerraduras eléctricas, detector de huellas, detectores de humo, alarmas, etc. Además, se puede incluir un sistema por comando de voz que permita una mayor facilidad al control de toda la vivienda programando los llamados eventos que, al decir una frase, se ejecutan varios sensores y actuadores a la vez, haciendo del sistema domótico seguro, confortable y que brinde un ahorro energético significativo, la cual optimice la calidad de vida del usuario.

BIBLIOGRAFÍA

- Achour B., (2015). *Distributed Control Systems -DCSAn application on YOKOGAWA CENTUM VP*. (Tesis profesional). Mohammed Khider University
- Alonso J., Del Barrio A., Botella G., Laclaustra I., (2016). Sistema domótico distribuido para controlar el riego y el aire acondicionado en el hogar. *Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores*. Volúmen (6). 87-101
- Álvarez C., (2007). *Diseño de una instalación domótica en un condominio para el control de seguridad e iluminación mediante la tecnología Lonworks*. (Tesis profesional). Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Álvarez J., (2019). *Diseño e implementación de una placa entrenadora/programadora para microcontroladores PIC*. (Tesis profesional). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial.
- Asadullah M., Ullah K. (2017). *Smart home automation system using Bluetooth technology*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/316688934_Smart_home_automation_system_using_Bluetooth_technology
- Badillo P. (2019). *Definición de memoria ROM*. Recuperado de: <https://sistemas.com/memoria-rom.php>
- Barrales Guadarrama, R., Rodriguez Rodriguez, M., Barrales Guadarrama, V. (2011). *Comunicación bluetooth para sensores utilizados en aplicaciones de control de tráfico*. Recuperado de:

http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/1225/Comunicacion_Bluetooth.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Baskys A. (2012). *Microcontrollers: A Laboratory Manual*. Recuperado de: http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/1381/1/1339_Baskys_Microcontrllers_Microcontrollers_web.pdf

Beyond. (2019). *Home to Smart home*. Recuperado de: <https://beyondeclamation.com/home-smart-home-thanks-iot/>

Bravo, L. (2015). *Modelo diagnóstico y análisis de la red lan para la mejora del rendimiento y seguridad en la red de salud valle del mantaro mediante la metodología cisco*. (Tesis profesional). Universidad Nacional del Centro de Perú.

Cedom. (2019). *¿Qué es domótica?*. Recuperado de: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>

Cobián Roa, J. (2015). *Interfaz Hombre Máquina*. Recuperado de: <https://www.sne.es/images/stories/recursos/publicaciones/notas/NT%20115%20-%20Interfaz%20hombre%20m%C3%A1quina.pdf>

Collotta M., Pau G. (2015). *Un nuevo enfoque de gestión de energía para hogares inteligentes que utilizan Bluetooth de baja energía*. Recuperado de: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/7274316>

Dipobagio M. (2008). *An Overview on Ad Hoc Networks*. Recuperado de: https://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-tech/teaching/200809_WS/S_19565_Proseminar_Technische_Informatik/dipobagio09overview.pdf

- Garzas, J. (2013). *Breve historia del TCP/IP*. Recuperado de:
<https://www.javiergarzas.com/2013/09/tcpip-se-impuso-a-osi-2.html>
- González J. (2015). *Aplicaciones orientadas a la domótica con raspberry pi*. (Tesis profesional). Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla
- Gregersen, E. (2016). *Unidad central de procesamiento*. Recuperado de:
<https://www.britannica.com/technology/central-processing-unit>
- Helen, D. Arivazhagan, D. (2014). *Applications, Advantages and Challenges of Ad Hoc Networks*. Recuperado de:
<http://jairjp.com/JANUARY%202014/02%20HELEN.pdf>
- Hijano A., (2011). *Proyecto de instalación eléctrica y domótica en una vivienda unifamiliar*. Recuperado de:
https://www.academia.edu/18135499/TESIS_DE_DOMOTICA
- Kohila, N. Gowthami, R. (2015). Routing Protocols in Mobile Ad-Hoc Network. *IJCSMC*, 4, 159-167.
- Kumar N., Vuayalaskashmi B., Prarthana R., Shankar A. (2016). *IOT based Smart garbage alert system using Arduino UNO*. Recuperado de:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7848162>
- Kusriyanto M., Putra B. (2016). *Smart home using local area network (lan) based arduino mega 2560*. Recuperado de:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7870866>
- Monteiro P, Tome P, Albuquerque M. (2015). Domotics Control System Architecture. Recuperado de:
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/7170403>

- NS3 Simulations. (2019). *Wireless sensor networks*. Recuperado de:
<http://ns3simulation.com/ns3-for-wsn/>
- Párraga, P. (2017). *Arquitectura de los sistemas*. Recuperado de:
<https://spacioinmotica.wixsite.com/blog/single-post/2017/06/16/Arquitectura-de-los-sistemas>
- Perez M., Carrera E. (2015). *Time Synchronization in Arduino-based Wireless Sensor Networks*. Recuperado de:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7055564>
- Prusty S. (2017). *Arduino based home automation using android application*.
 Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/321767930_ARDUINO_BASED_HOME_AUTOMATION_USING_ANDROID_APPLICATION
- Puri V., Nayyar A. (2016). *Real time smart home automation based on PIC microcontroller, Bluetooth and Android technology*. Recuperado de:
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/7724513>
- Purohit D., Ghosh M., (2017). *Challenges and Types of Home Automation Systems*.
 Recuperado de:
<https://www.ijcsmc.com/docs/papers/April2017/V6I4201799a1.pdf>
- Qloudea. (2019). *Memoria RAM*. Recuperado de <https://qloudea.com/ram-2gdr3l-so-1600>
- Oracle Corporation. (2010). *Guía de administración del sistema*. Recuperado de:
<https://docs.oracle.com/cd/E19957-01/820-2981/ipov-10/>

- Raffino, M. (2018). *Memoria ROM*. Recuperado de: <https://concepto.de/memoria-rom/>
- Ramakrishnan, M., Murugan, B. (2016). *Home automation using bluetooth- a review*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/312059944_Home_automation_using_bluetooth_-_A_review
- Robledano A. (2019). *Qué es TCP/IP*. Recuperado de: <https://openwebinars.net/blog/que-es-tcpip/>
- Rodriguez, M. (2015). *Microcontroladores: Características y aplicaciones generales*. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11301/fichero/Memoria%252FCap%C3%ADtulo+2.pdf>
- Ruko D. (2016). *Clasificación de los microcontroladores*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/235185758/Clasificacion-de-Los-Microcontroladores>
- Sanclemente Carretero, A. (2016). *Casa domótica con arduino*. (Tesis profesional). Universidad Politécnica de Valencia.
- Schneider Electric. (2019). *SP5000 series*. Recuperado de: <https://www.proface.com/en/product/hmi/sp5000/news>
- Tanveer M., Durrani F., Manzoor E., Asim M. (2017). *Wireless Android Based Home Automation System*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/316970394_Wireless_Android_Based_Home_Automation_System

Tecnología informática. (2019). *Bluetooth*. Recuperado de: <https://tecnologia-informatica.com/bluetooth/>

Universidad de Cádiz. (2017). *Comenzando con arduino*. Recuperado de: http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad_Innovacion/Innovacion_Docente/ANEXOS_2011_2012/22232441_310201212102.pdf

Varacha P., Mastorakis N., Jasek R., Pospisilik M. (2012). *Dispositivos técnicos para la supervisión de un hogar a través de internados basados en el microcontrolador Arduino*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/308721212_Technical_Devices_for_Supervising_of_a_Household_via_Interned_Based_on_Arduino_Microcontroller

Velasco, N. (2016) . *Microcontroladores*. Recuperado de: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F3+Microcontroladores.pdf>

Viteri, F. (2013). *Diseño de un modelo estándar de domótica para hogares digitales basado en la tecnología insteon*. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10104/TESIS-PUCE-Viteri%20Paz%20Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yokogawa. (2019). *Sistemas de control distribuido (DCS)*. Recuperado de: <https://www.yokogawa.com/mx/solutions/products-platforms/control-system/distributed-control-systems-dcs/>

Yufeng, Z., Ruqiao J., (2015). *Diseño y realización del sistema de control inteligente para el hogar basado en Bluetooth*. Recuperado de:
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/7384023>

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos del módulo ESP8266

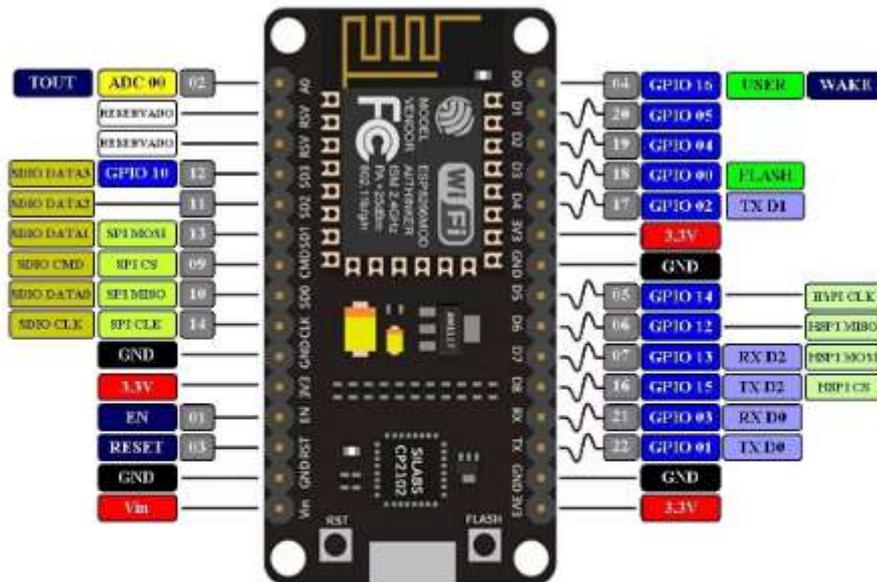
Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)
	Frequency Range	2.4G ~ 2.5G (2400M ~ 2483.5M)
	TX Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
	Operating Voltage	2.5V ~ 3.6V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40°C ~ 125°C
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
External Interface	-	

Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

Anexo B: Hoja de datos del NODE MCU

PLACA NodeMCU 1.0 (V2)

PINOUT



- Vin** ALIMENTACIÓN EXTERNA (de 5V a 10V).
- 3.3V** ALIMENTACIÓN INTERNA (desde la placa a dispositivos).
- GND** TIERRA (GND Ground).
- GPIO** PIN DE ENTRADA/SALIDA +3.3V (GPIO *General Purpose Input/Output*).
Entrada digital — Entrada analógica . (Todas las salidas son digitales).
- ADC** PIN DE SALIDA ANALÓGICA (el rango es entre -0V y +1V dividido en 1023 intervalos).
- SPI** BUS SPI (*Serial Peripheral Interface*).
- HSPI** BUS HSPI (*Hardware-Serial Peripheral Interface*).
- SDIO** PINES PARA INICIO DEL ESP8266 DESDE UNA TARJETA SD.
Para activar el modo SDIO el pin GPIO 15 debe estar en tensión cuando se enciende la placa.
- TX/RX** COMUNICACIÓN SERIE TX/RX.
Los pines GPIO01 y GPIO02 están conectados al puerto MicroUSB a través del conversor UART.

Anexo C: Simulación de maqueta



Anexo D: Vista frontal de maqueta



Anexo E: Vista superior de la maqueta



Anexo F: Funcionamiento de la maqueta





**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **GUADALUPE COELLO PAÚL ALEJANDRO**, con C.C: # 0930702741 autor del trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO DISTRIBUIDO APLICADO A UN PROTOTIPO PARA SERVICIO DE CONFORT**, previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de febrero de 2020

f. _____

Nombre: **GUADALUPE COELLO PAÚL ALEJANDRO**

C.C: **0930702741**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DOMÓTICO DISTRIBUIDO APLICADO A UN PROTOTIPO PARA SERVICIO DE CONFORT		
AUTOR(ES)	PAÚL ALEJANDRO GUADALUPE COELLO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI, MSC		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de educación técnica para el desarrollo		
CARRERA:	Ing. Electrónica en control y automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ing. Electrónico en control y automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de febrero de 2020	No. DE PÁGINAS:	90
ÁREAS TEMÁTICAS:	Domótica, redes, control		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Domótica, comunicación, ESP8266, HMI, Android, WIFI.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En este trabajo se muestra el desarrollo de un sistema de control domótico distribuido utilizando como medio de comunicación inalámbrica (WIFI) entre los nodos los módulos ESP8266, el sistema basa su funcionamiento con arduinos uno y nano para el control de los diferente sensores y actuadores. En proyecto está enfocado en la domótica, específicamente en el campo de la iluminación y climatización que permita a los habitantes del hogar controlar varios elementos basados en parámetros establecidos, este se lo presentará por medio de una maqueta a escala ejecutando el funcionamiento de cada dispositivo, simulando una vivienda la cual permita contemplar la interacción entre la interfaz hombre-máquina (HMI) y el usuario, mediante el uso de un dispositivo inteligente que tenga acceso a la plataforma Android, la elaboración del sistema está compuesto por elementos de bajo costo para que sea de fácil adquisición. Como resultado de este trabajo de titulación, se desarrolló una arquitectura distribuida conformada por tres nodos sensores encargados de censar las variables frente al entorno y ejecutar las órdenes del usuario según lo programado y un nodo Gateway encargado de enlazar la red doméstica con la red de sensores. Se realizaron diferentes pruebas, la cual permitieron determinar la distancia máxima en la que puede operar los nodos y el teléfono, al igual que el tiempo de respuesta del sistema.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-580568	E-mail: paulguadalupe95@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):::	Nombre: Ing. Eduardo Mendoza Merchán, Msc.		
	Teléfono: +593-9-85086815		
	E-mail: eduardo.mendoza@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			