

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO UTILIZANDO PLATAFORMAS DE DESARROLLO COMO CONTROLADOR**

Trabajo de investigación para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Jonatán La Cruz Chacón**

**Código 20052715**

**Alejandro André Otazú Solórzano**

**Código 20110912**

**Asesor**

**Mg. Fabricio Humberto Paredes Larroca**

Lima – Perú

Junio de 2018





**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DOMÓTICO UTILIZANDO  
PLATAFORMAS DE DESARROLLO COMO  
CONTROLADOR**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>3</b>
1.1. Presentación del tema.....	3
1.2. Problemática de la investigación.....	4
1.3. Objetivos de la investigación .....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	5
1.4. Justificación de la investigación .....	5
1.4.1. Técnica.....	6
1.4.2. Económica.....	6
1.4.3. Social.....	7
1.5. Propuesta de investigación.....	8
1.6. Alcance y limitaciones de la investigación .....	9
1.7. Marco referencial y conceptual.....	9
1.7.1. Marco referencial .....	9
1.7.2. Marco conceptual.....	11
1.7.3. Glosario de términos .....	14
1.8. Hipótesis de la investigación.....	15
1.9. Metodología .....	15
1.9.1. Técnicas de investigación .....	15
1.9.2. Recopilación de información .....	17
1.10. Cronograma de la investigación.....	17
<b>CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL MERCADO .....</b>	<b>19</b>
2.1. Aspectos generales del mercado .....	19
2.2. Análisis de la demanda .....	20
2.2.1. Datos generales de la población peruana .....	20
2.2.2. Determinación de la demanda.....	21
2.3. Análisis de la oferta.....	22
2.3.1. Agentes que conforman el mercado de la domótica .....	22
2.3.2. Empresas que ofrecen el servicio de Domótica en el Perú .....	23

2.4.	Evolución y tendencias del sector domótico.....	24
2.4.1.	Evolución del sector domótico.....	24
2.4.2.	VARIABLES MACROECONÓMICAS .....	25
2.4.3.	Tendencias y oportunidades.....	27
<b>CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES.....</b>		<b>29</b>
3.1.	Controladores .....	29
3.2.	Actuadores y mandos de potencia.....	38
3.3.	Red .....	43
3.3.1.	Red eléctrica.....	44
3.3.2.	Red de agua.....	44
3.3.3.	Red de comunicaciones.....	44
3.4.	Software .....	45
<b>CAPÍTULO IV. PROGRAMACIÓN, INTERFAZ Y CONTROL.....</b>		<b>47</b>
4.1.	Programación de la interfaz visual.....	47
4.2.	Enlaces del sistema de control .....	48
4.3.	Programación del sistema de control .....	60
<b>CAPÍTULO V. COMUNICACIÓN .....</b>		<b>64</b>
5.1.	Formas de comunicación .....	64
5.1.1.	Comunicación cableada .....	64
5.1.2.	Comunicación inalámbrica .....	65
5.2.	Protocolos de comunicación .....	68
<b>CAPÍTULO VI. IMPLEMENTACIÓN .....</b>		<b>70</b>
6.1.	Ejemplo de implementación de un sistema domótico.....	70
6.2.	Cronograma de implementación .....	72
6.3.	Integración del sistema.....	74
6.4.	Desarrollo de la maqueta de la vivienda .....	76
<b>CAPÍTULO VII. ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN .....</b>		<b>83</b>
7.1.	Organización empresarial .....	83
7.2.	Requerimientos del personal directivo, administrativo y de soporte interno del servicio.....	84
7.3.	Estructura organizacional.....	88
<b>CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>		<b>90</b>
8.1.	Análisis de costos.....	90

8.2. Evaluación de Precios .....	94
<b>CAPÍTULO IX. EVALUACIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL.....</b>	<b>96</b>
9.1. Impacto social del proyecto .....	96
9.1.1. Aplicación práctica del trabajo de investigación (Sistema de locomoción domótico para personas con discapacidad).....	97
9.1.2. Impacto ambiental del proyecto .....	99
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>104</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Nodemcu .....	12
Figura 1.2: Raspberry Pi3 Modelo B .....	13
Figura 2.1: Producto Bruto Interno del Perú desde 1999 hasta el 2017 .....	25
Figura 2.2: Gráfico de tendencia del PBI nacional .....	26
Figura 3.1: Tarjeta Arduino Uno .....	33
Figura 3.2: Raspberry Pi3 .....	34
Figura 3.3: Nodemcu .....	34
Figura 3.4: Tarjeta NRF 2401 .....	43
Figura 4.1: Interfaz de control del baño de la vivienda en adafruit .....	47
Figura 4.2: Interfaz de instalación MQTT en el terminal de Raspberry Pi3 .....	50
Figura 4.3: Asignación de la IP estática en el servidor local .....	51
Figura 4.4: Variables asignadas para el proyecto de la vivienda .....	52
Figura 4.5: Asignación de variables para la interfaz de control de la iluminación del baño .....	53
Figura 4.6: Administrador de librerías en el IDE de Arduino .....	54
Figura 4.7: Librerías MQTT para el Arduino .....	55
Figura 4.8: Repositorio esp8266 de github .....	55
Figura 4.9: Ajuste de preferencias en el IDE de Arduino .....	56
Figura 4.10: Gestor de tarjetas con el esp8266 en el IDE de Arduino .....	57
Figura 4.11: Asignación de la tarjeta de controlador en el IDE de Arduino .....	57
Figura 4.12: Selección de tamaño de la memoria flash del controlador .....	58
Figura 4.13: Programación del enlace del controlador con el servidor mediante el protocolo MQTT en lenguaje de Arduino .....	59
Figura 4.14: Enlace de los feeds con el programa de control Arduino .....	60
Figura 4.15: Setup del algoritmo de control del baño de la vivienda .....	61
Figura 4.16: Loop de control del baño de la vivienda .....	62
Figura 5.1: Espectro del campo electromagnético .....	66
Figura 5.2: Módulo Bluetooth HC-06 .....	67

Figura 5.3: Cuadro comparativo entre Bluetooth y Wifi .....	67
Figura 6.1: Modos de control del ejemplo propuesto para la integración del sistema ...	70
Figura 6.2: Diagrama de Gantt para la implementación del sistema .....	73
Figura 6.3: Esquema de la integración del sistema domótico propuesto.....	75
Figura 6.4: Leyenda .....	79
Figura 6.5: Modelo 3D del ensamble de las piezas de la maqueta en Solidworks .....	82
Figura 7.1: Funciones del gerente general .....	84
Figura 7.2: Funciones del jefe de proyecto.....	85
Figura 7.3: Funciones del técnico supervisor .....	85
Figura 7.4: Funciones del técnico en electrónica.....	86
Figura 7.5: Funciones del técnico en telecomunicaciones.....	87
Figura 7.6: Funciones del personal de soporte .....	88
Figura 7.7: Organigrama para la implementación del proyecto .....	89

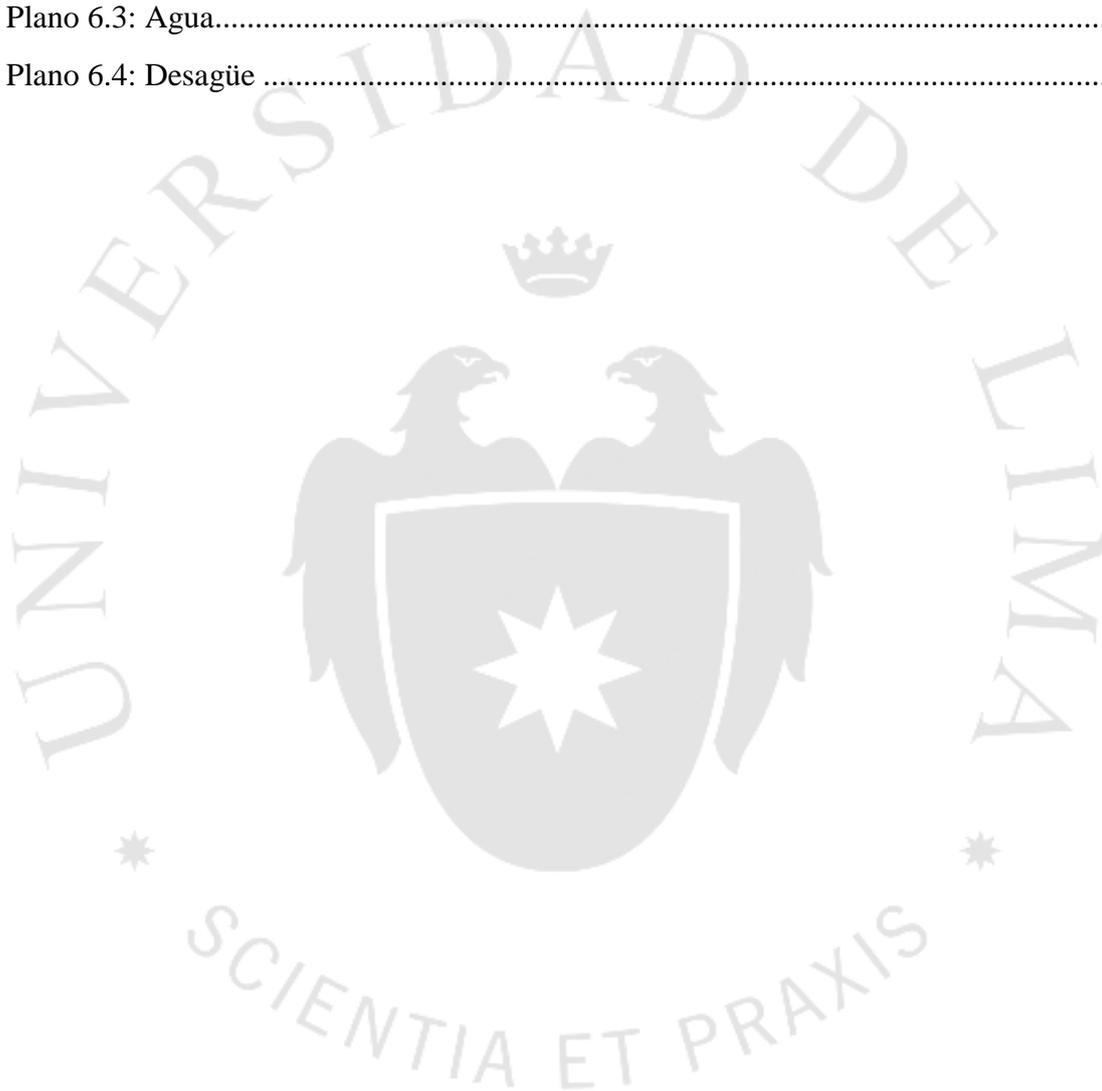


## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Cronograma del Proyecto .....	18
Tabla 2.1: Demanda potencial del sistema por sector .....	21
Tabla 2.2: PBI estimado del proyecto por los próximos 5 años .....	26
Tabla 2.3: Tabla de estimación del PBI per cápita anual.....	27
Tabla 3.1: PLC's mas usados en la industria nacional .....	31
Tabla 3.2: Dispositivos de entrada a utilizar en el sistema.....	36
Tabla 3.3: Mandos de potencia a utilizar en el sistema .....	39
Tabla 3.4: Actuadores a utilizar en el sistema .....	40
Tabla 8.1: Precio de los sensores en nuevos soles .....	91
Tabla 8.2: Precio de los actuadores en nuevos soles .....	92
Tabla 8.3: Precio de los módulos de extensión en nuevos soles.....	92
Tabla 8.4: Precio de los mandos de potencia en nuevos soles.....	92
Tabla 8.5: Precio de los controladores del sistema en nuevos soles.....	93
Tabla 8.6: Precio del resto de componentes en nuevos soles .....	93
Tabla 8.7: Precio total de los componentes .....	94

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 6.1: Alumbrado .....	77
Plano 6.2: Tomacorriente y Comunicaciones .....	78
Plano 6.3: Agua.....	80
Plano 6.4: Desagüe .....	81



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Sistema de locomoción para discapacitados en una silla de ruedas, automatizado con un procesador Myrio.....	105
Anexo 2: Solicitud de registro de patente .....	117
Anexo 3: Páginas 6, 7, 8 y 9 de la Guía de Patentes para inventores - INDECOPI.....	118
Anexo 4: Reglamento de obras de suministro de energía y comunicaciones Recuperado del Reglamento Nacional de Edificaciones .....	122
Anexo 5: Introducción y aspectos generales del NodeMCU ESP8266EX. Recuperado del datasheet ESP8266EX .....	126



## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación pretende desarrollar un sistema domótico inteligente adaptable a todo tipo de edificio para garantizar un mayor control y gestión de las funciones de la vivienda.

Estudia el desarrollo de un sistema domótico gobernado por servidores locales y plataformas de desarrollo comerciales como controladores, lo que permitirá la autonomía del control de la vivienda tanto para las personas que carezcan de las capacidades para realizarlo, como para aquellas que desean tener un mayor control remoto, seguridad o comodidad en su vivienda.

El sistema domótico que se ha diseñado e implementado en una maqueta es un sistema que se adapta a todo tipo de vivienda o edificio mediante sus sistemas eléctricos, sanitarios y mecánicos por la naturaleza de los componentes que se requiere. Este sistema utiliza sensores y actuadores para la realización de las acciones de control y adquisición de datos, plataformas de desarrollo distribuidos (NodeMCU) como controladores para la lógica de control según se requiera, una plataforma de desarrollo central (Raspberry pi3) como servidor y un sistema de seguridad para el control del acceso. Asimismo se dispone de una interfaz gráfica de control accesible sólo por el usuario mediante internet. Para ello se hizo uso de la herramienta de desarrollo de aplicaciones Adafruit.

**Palabras clave:** Servidor, NodeMCU, Raspberry pi, seguridad, vivienda, domótica, PLC.

## EXECUTIVE SUMMARY

The main objective of this applied research is to develop a smart domotic system, adaptable to any kind of home and building to guarantee a greater control and management of the functions of the house.

The following applied research studies the development of a domotic system governed by a local server, an open-source firmware and development kit as a controller, which will allow the versatility of the control of the house for both people with disabilities as well as people who wish to have more control remotely, security and comfort in their home.

The domotic system that has been designed and implemented in a model is a system which adapts to all types of home and buildings through its electrical, sanitary and mechanical systems due to the nature of the components that are required. This system uses sensors and actuators for the task performance and data acquisition, development kit and open source firmware (NodeMCU) as the system controller, another conventional development board and computer (Raspberry pi3) as server and a security system for the accessibility of the domotic network. Likewise, a graphic interface was developed which allows the user to manipulate the system through the internet. The free internet server Adafruit provides the tools for this purpose.

**Keywords:** Server, NodeMCU, Raspberry pi, security, home, domotic, PLC.

# CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

El siguiente capítulo detalla la problemática, los objetivos de la investigación, la justificación técnica, económica, social y ambiental; así como los alcances y limitaciones del proyecto, hipótesis y referencias teóricas para finalmente dar con una propuesta de proyecto

## 1.1. Presentación del tema

La vivienda es una de las necesidades básicas más importantes del hombre, pues con ella se cubre la necesidad de seguridad, resguardo de bienes y protección contra amenazas externas como el clima. Además, ofrece una plataforma de ocio y diversiones, así como un espacio para realizar actividades cotidianas.

Gracias a ella es posible el entretenimiento, ambientación, iluminación, servicios sanitarios, televisión, internet, comunicación con la sociedad y otros servicios gracias a las instalaciones de energía eléctrica, sanitaria y mecánica distribuidas en toda la vivienda.

El hombre, siempre en busca de la comodidad y facilidad de las cosas, crea, innova y desarrolla nuevas tecnologías que facilitan el día a día. La vivienda no está exenta de ello. El desarrollo tecnológico se vuelve parte de la vivienda moderna. Es así como surge la domótica.

La Asociación Española de Domótica e Inmótica (CEDOM) define la domótica como “El conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que le permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema”<sup>1</sup>. Es decir es la automatización del hogar, donde, mediante el uso de sensores o entradas y un procesamiento de la información que se obtiene de ellas, emite órdenes a unos actuadores o salidas para controlar los distintos componentes de la vivienda.

---

<sup>1</sup>Asociación de domótica e Inmótica – CEDOM, 2017

El sector de la domótica ha ido evolucionando considerablemente en los últimos años, y en la actualidad existe un mercado consolidado. El avance tecnológico en procesadores y controladores ofrece la oportunidad de ofrecer servicios más versátiles, además de facilidad para la programación y visualización de datos.

El presente trabajo de investigación busca desarrollar un sistema domótico integral con interfaz de visualización personalizado y control total a distancia utilizando plataformas de desarrollo convencionales. Pertenece a la ingeniería industrial ya que se abarca técnicas de automatización industrial, ingeniería eléctrica, dibujo técnico de diagramación de tuberías y redes eléctricas, diseño 3D y modelamiento de estructuras, diseño de servicios, interfaces de comunicación y programación, así como la gestión de proyectos y análisis de ratios y resultados.

## **1.2. Problemática de la investigación**

En la actualidad, las empresas que realizan el servicio de domótica utilizan controladores industriales, los cuales, por si solos, son caros y limitados, es decir requieren de módulos de extensión para los distintos tipos de dispositivos a controlar. Además, la mayoría de servicios de domótica en el mercado ofrece paquetes integrales y genéricos. No existe versatilidad para controlar ciertos dispositivos ni interfaces a distancia.

El presente trabajo de investigación plantea una solución a estas dos variables. El uso de plataformas de desarrollo convencionales (Arduino, Raspberry pi, Beaglebone), permite eliminar el precio como variable limitante, pues la mayoría de estos son “Open Source” o de código abierto, además su programación es muy versátil y puede realizarse de múltiples formas, lo que permite la personalización total del servicio.

Asimismo, al ofrecer el servicio con interfaces gráficas de control se podrá, adicionalmente, visualizar el consumo energético de cada dispositivo para así aprovechar al máximo el rendimiento eléctrico.

Finalmente, se otorgará mayor control de la vivienda al desarrollar una plataforma de control remoto en forma de aplicación desde el teléfono celular, tablets, u otro dispositivo que pueda conectarse al servidor.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar un sistema domótico integral utilizando plataformas de desarrollo convencionales como controladores y determinar a viabilidad técnica del mismo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar y construir la maqueta integral de una vivienda.
- Desarrollar la interfaz gráfica de control a través de una aplicación web.
- Configurar la comunicación entre el servidor, los controladores y la interfaz de control.
- Configurar un servidor domótico propio a través de una plataforma web utilizando la plataforma Raspberry pi 3
- Configurar la programación del control domótico utilizando la plataforma NodeMCU
- Implementar el sistema eléctrico, programación del control, interfaz gráfica y comunicaciones en la maqueta de la vivienda.

### **1.4. Justificación de la investigación**

Con el desarrollo de nuevas tecnologías en todos los sectores de la ingeniería aparecen nuevas necesidades en los consumidores, quienes mayor control y versatilidad en sus productos y servicios. Las razones para automatizar se hacen cada vez mayores y se basan en los 4 pilares de la domótica:

- Seguridad
- Confort
- Ocio y comunicaciones
- Rendimiento energético

Tradicionalmente se desarrollaba cada pilar de forma independiente, sin embargo la integración multidisciplinar se vuelve necesaria ya que, al abarcar distintos campos y especialidades, se ataca un rango de problemas más amplio y se encuentra la solución óptima.

A continuación se describirá la justificación técnica, económica, social y ambiental del sistema domótico propuesto.

#### **1.4.1. Técnica**

En este trabajo de investigación se utilizarán plataformas de desarrollo, más específicamente NodeMCU como controlador de los dispositivos y adquisidor de datos; sensores y actuadores para las acciones de control; una plataforma libre (Raspberry pi3) como servidor local y una interfaz gráfica de control web.

Se utilizará el Arduino IDE (Entorno de desarrollo integrado) como entorno de programación del sistema de control debido a su versatilidad y compatibilidad con los microcontroladores a usar, este software es libre, de código abierto y no se necesita de licencia para adquirirlo.

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se utilizará una herramienta web llamada Adafruit, que, a su vez, se comporta como servidor remoto para el control a distancia de los dispositivos de control. Esta herramienta permite el diseño gráfico de la interfaz de control. Solo el usuario podrá tener acceso a la interfaz de control mediante sistemas de seguridad del sistema domótico realizado con una programación encriptada.

#### **1.4.2. Económica**

El consumo energético es una variable importante a considerar en el desarrollo del proyecto, y en general, de todos los productos y servicios existentes, ya que conforma gran peso del costo total de los productos. Los componentes a utilizar en el sistema domótico, por su naturaleza, son de muy bajo consumo energético, lo cual ofrece la posibilidad de incrementar la versatilidad del control integral de la vivienda sin alterar el costo del servicio. Asimismo, los componentes que conforman el hardware del

sistema domótico están disponibles en el mercado local a costos accesibles. Algunas ventajas económicas son las siguientes:

- El control remoto del dispositivo electrónico en la vivienda. De esta forma seremos capaces de acceder a todos los dispositivos electrónicos estando en la casa o al salir de ella.
- El control de la potencia permite versatilidad en la hora del consumo de energía eléctrica. Adicionalmente la adquisición de datos en tiempo real permite una mejor gestión de los recursos
- El control de sistemas de riego permite optimizar el tiempo de uso del agua, por consiguiente, la optimización de recursos y disminución de costo

#### 1.4.3. Social

El uso de sistemas domóticos tiene connotaciones sociales importantes. La interconexión de la vivienda con los servicios del estado proporcionaría agilidad de respuesta ante cualquier llamado. La data se transmitiría en tiempo real y ésta sería más verídica.

Al conjunto de viviendas interconectadas por sistemas domóticos se conoce como “Inmótica”, que consiste en un conjunto de viviendas inteligentes que conforman una comunidad en la que el estilo de vida de las personas se convierte en datos para la mejor gestión de recursos y del inmueble.

Sin embargo, el hecho de tener una sola vivienda con un sistema domótico trae consigo impactos sociales significativos, entre los principales se encuentra la generación de empleo y de mercados. Las industrias que se verán beneficiadas son principalmente:

- Promotores inmobiliarios
- Constructoras
- Prescriptores (Arquitectos, ingenieros, estudios, oficinas, decoradores)
- Fabricantes (de componentes como de software)

- Canales de distribución
- Instaladores y mantenimiento
- Integradores

Asimismo, la domótica nos ofrece diversos beneficios para personas con discapacidad. Dichas personas serán integradas con mayor facilidad a la sociedad facilitándoles la realización de tareas del día a día que por su condición, no les es posible realizarlas. Además dichas personas estarán más comunicadas con la sociedad mediante la red del sistema domótico y los servicios básicos. A continuación se detallan algunos de estos beneficios:

- Control por voz de equipos electrónicos en la vivienda.
- Reconocimiento facial o de retina para acceso a domicilio o cuarto.
- Comunicación o envío de datos en tiempo real a algún número específico para comunicación con familiares.

### **1.5. Propuesta de investigación**

El proyecto consiste en el diseño de un sistema domótico integral, versátil y personalizable, utilizando plataformas de desarrollo convencionales como controlador y servidor, enlazándolos con sensores y actuadores físicos mediante protocolos de comunicación y de internet para, de esta manera, controlar tantos dispositivos en la vivienda se desee, a través del sistema eléctrico, sanitario y mecánico de la misma.

Además, se recopilará data del consumo energético de los dispositivos para la óptima gestión de los recursos y se llevará el registro mediante una interfaz gráfica anclada al sistema de control. Dicha interfaz es completamente personalizable y estéticamente atractiva, lo que genera un valor agregado al servicio.

Esta propuesta será hecha física en la implementación del sistema domótico en una maqueta de fabricación digital de 1.5 m. x 1 m., elaborada en el Centro de Innovación Tecnológica de la Universidad de Lima utilizando las tecnologías de diseño 3D y fabricación digital como la cortadora láser e impresoras 3D, evaluando de esta manera la viabilidad técnica de la misma.

## **1.6. Alcance y limitaciones de la investigación**

### **Alcance**

El proyecto abarcará el diseño del sistema domótico que comprende la selección de controladores, sensores, actuadores y protocolos de comunicación enlazada mediante programación hacia un servidor local, el cual gestionará los datos del sistema en tiempo real.

Asimismo, se desarrollará una interfaz gráfica de control de los dispositivos de la vivienda que, a su vez, será un visualizador de datos para la mejor gestión de la energía.

Se construirá una maqueta utilizando las instalaciones del Centro de Innovación Tecnológica de la Universidad de Lima e implementará el sistema domótico diseñado para evaluar la viabilidad técnica del mismo.

### **Limitaciones**

En su mayoría, la investigación hará uso de herramientas de ingeniería, siendo la ingeniería industrial la principal rama. Como consecuencia, los alcances y limitaciones de la investigación se verán relacionados a la ingeniería y tecnologías existentes actualmente.

Una de las limitantes será que la vivienda debe contar con internet para poder tener el control de la vivienda desde cualquier lugar. Otra limitante se dará si se desea ofrecer este producto a una vivienda ya construida ya que se tendrá que modificar las instalaciones eléctricas.

## **1.7. Marco referencial y conceptual**

### **1.7.1. Marco referencial**

Con el fin de obtener información teórica acerca de las tendencias actuales de la domótica, se recurrió principalmente a dos fuentes de información, La primera fuente es

el cuaderno de divulgación de domótica del CEDOM, España, y el libro de Domótica e inmótica, viviendas y edificios inteligentes de la editorial Alfaomega:

**CEDOM (2015), "Cuaderno de divulgación domótica 2a edición. AENOR, España**

El cuaderno de divulgación domótica es un compendio de términos de referencia sobre los principios y prácticas de la domótica como negocio. Abarca temas que van desde la historia de la domótica, por qué automatizar hasta el mercado de la domótica española.

Describe cada uno de los pilares de la domótica y cómo están integrados cada en el sistema. Asimismo, toca temas tecnológicos sobre fabricantes, tipos de controles, tipos de comunicación usadas en el área, proveedores y empresas especialistas en el rubro. Detalla las fases de la instalación de un servicio domótico en el mercado, desde el diseño hasta el cableado, se tratan también temas sociales y ambientales. Finalmente explica las tendencias futuras de la domótica, es decir hacia donde está encaminado este rubro y hacia donde apuntan las grandes empresas.

**ROMERO Cristóbal, VÁSQUEZ Francisco, DE CASTRO Carlos (2011), "Domótica e Inmótica, Viviendas y Edificios Inteligentes", 3ra Edición, Editorial Alfaomega, México.**

Se trata de un texto teórico sobre las tecnologías de la domótica, que van desde definiciones básicas, hasta los distintos tipos de comunicación, programación, interconexión, hardware y software.

Define los tipos de vivienda inteligente abarcando distintos enfoques como el americano, japonés y el enfoque europeo. Pone al alcance las topologías de red que deben integrar los sistemas domóticos, los tipos de arquitecturas de sistema, los medios de transmisión y protocolos de comunicación estándar de los sistemas domóticos en la actualidad. Finalmente detalla los requerimientos de certificación y estandarización de las instalaciones domóticas en la actualidad y habla de las tendencias futuras de este sector como lo es la urbótica (ciudades o urbes inteligentes)

### 1.7.2. Marco conceptual

El avance tecnológico en temas de microcontroladores está haciendo posible que cada vez más personas adquieran plataformas de desarrollo para realizar sus propios proyectos. Ya sea por hobbies, negocio o educación, las personas utilizan estas tarjetas para la automatización de sus tareas.

La tendencia del Código Abierto u Open Source hace posible el alcance de esta tecnología de automatización a más personas, ocasionando que varias empresas desarrollen sus propias tarjetas de control para competir con las otras.

Sin embargo, el potencial de dichas tarjetas es muy grande. Si bien la mayoría de personas las usa para el desarrollo de robots, juguetes, educación o hobbies, muchas empresas están empezando a adaptarlas para sus servicios de automatización e incluso integrando a sus productos finales, cosa que tradicionalmente solo era posible con microcontroladores, cuya programación además de ser compleja, no permitía la conexión directa con los dispositivos sin la integración de más tarjetas y componentes electrónicos.

Los PLC dieron solución a estos problemas a nivel industrial por muchas décadas, sin embargo, el potencial de estas tarjetas está igualando y hasta superando las capacidades de los PLC y a menores costos.

La domótica, como se mencionó, ofrece una amplia gama de aplicaciones tales como aporte a la seguridad, gestión de los recursos, automatización de las tareas domésticas, entretenimiento y cultura, monitoreo de salud, automatización del mantenimiento, y otras aplicaciones que van de la mano con los pilares de la domótica:

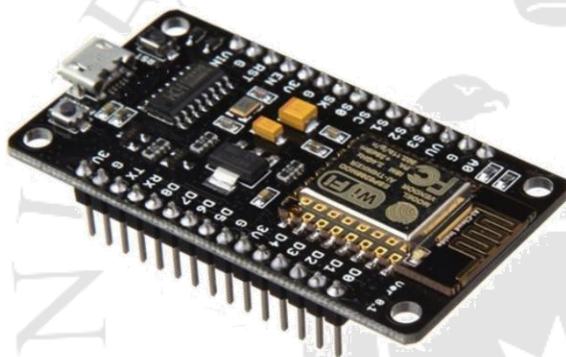
- Pilares de la domótico:
  - Gestión energética
  - Confort
  - Seguridad
  - Comunicaciones
- Evolución de la domótica
  - Domótica tradicional
  - Tendencias

Se utilizarán las siguientes plataformas de desarrollo para el sistema domótico propuesto, que abarcarán cada uno de los pilares de la domótica sin necesidad de tecnologías industriales, pero igualmente poderosos y confiables:

**NodeMCU:** Es una plataforma de desarrollo de código abierto (Open Source) programable con el IDE del Arduino, que permite el flujo de datos mediante wifi. Al ser de pequeño tamaño, se adecúa a la estética del ambiente, sin perder capacidad de procesamiento. Además, es compatible con la mayoría de sensores y actuadores electrónicos que se utilizarán

Figura 1.1

NodeMCU



Fuente: NodeMCU, (2014)

**Raspberry pi3.** Es un computador de bajo costo y código abierto desarrollado por Raspberry Pi Foundation. Debido al hecho de permitir realizar las tareas de una computadora convencional y ser de naturaleza de código abierto permite funcionar como servidor local de un sistema cerrado. En este caso se utilizará como servidor local del sistema domótico.

Posee muchas entradas y salidas de naturaleza digital y analógica. A su vez permite comunicación Ethernet por uno de sus puertos, USB, interfaz gráfica HDMI y, mediante un módulo de extensión, es capaz de emitir señales wifi a los nodos con los cuales está conectado.

Figura 1.2

Raspberry Pi3 Modelo B



Fuente: The Raspberry Pi Foundation, (2016)

Adicionalmente, se hará uso de hardware y software dependiendo de los requerimientos de la vivienda. El Hardware abarca los sensores, actuadores y acondicionadores, módulos y componentes físicos que hacen posible el sistema de control.

El software son herramientas de desarrollo para la programación de la comunicación y del sistema de control. Para ello se optan principalmente por las siguientes herramientas:

**Android Studio:** Permite el diseño y desarrollo de una aplicación para el sistema Android y la conexión del mismo con los dispositivos móviles y la nube.

**Linux:** Sistema operativo integrado a la tarjeta o servidor.

**Arduino IDE:** Lenguaje de programación y entorno propio de la plataforma Arduino.

**Adafruit:** Plataforma de desarrollo web que permite el enlace con un servidor del mismo nombre y generar interfaces gráficas ancladas al mismo.

**Python:** Lenguaje de programación ampliamente difundido.

La mayoría de estos software son de libres y permiten programar toda la gama de tarjetas y plataformas de desarrollo comprendidos en el presente trabajo de investigación.

La comunicación implica seguridad virtual, por lo que, adicionalmente a la conexión internet propio de la vivienda, el servidor contará con pasarelas eléctricas que permitirá generar una IP propia para el sistema domótico que será accesible sólo por el usuario mediante una serie de identificaciones.

### 1.7.3. Glosario de términos

**Protocolos de comunicación:** Sistema de reglas que permiten la comunicación entre varios componentes en un sistema de comunicación por un medio físico por el cual fluya la información.

**Ethernet:** Estándar de comunicación el cual determina las particularidades físicas y eléctricas que debe poseer una red.

**LAN:** proviene del inglés "local Area Network", es una red de comunicación que abarca un área reducida a una casa, departamento o edificio.

**Arduino:** Plataforma de desarrollo basada en una placa con un microcontrolador y componentes electrónicos pasivos y activos y un entorno de desarrollo diseñada para facilitar el uso de la electrónica y automatización en proyectos multidisciplinarios

**Raspberry Pi3:** Es una tarjeta de desarrollo con un procesador que actúa como una computadora de bajo costo con capacidad de procesamiento superiores a las de un Raspberry pi y con más entradas y salidas. Puede funcionar como servidor ya que abarca su propio sistema operativo, así como entradas y salidas de comunicación por cable ethernet y HDMI para la visualización de datos.

**Bypass de comunicación:** Hardware que permite la transferencia de datos LAN mediante el sistema eléctrico de la vivienda.

**Drivers:** Son tarjetas que hacen posible el control de ciertos dispositivos a partir de una programación en software

**Módulos electrónicos:** Tarjetas de extensión para los controladores que permiten incrementar las funciones básicas a innumerables funciones de control y comunicación.

**Servidor:** Computador o hardware encargado de gestionar y proveer datos para que otros controladores o procesadores puedan usarlos.

**PLC:** Controlador lógico programable. Controlador industrial.

**IP:** del inglés Internet Protocol, es una identificación o red propia de un sistema en el cual integran dispositivos de procesamiento y control de la información.

**SCADA:** Supervisión, control y adquisición de datos, es una interfaz que permite la visualización de datos, toma de decisiones y control de los procesos.

## **1.8. Hipótesis de la investigación**

Es factible el diseño y la implementación de un sistema domótico integral utilizando plataformas de desarrollo convencionales como controlador.

## **1.9. Metodología**

### **1.9.1. Técnicas de investigación**

El sistema domótico integral debe comprender los cuatro pilares de la domótica:

Seguridad

Confort

Gestión energética

Comunicaciones

Si bien se puede abarcar cada uno de manera independiente, lo óptimo es que el sistema comunique de manera integral cada uno de estos pilares con la persona, esto permite mayor control del sistema domótico por parte del usuario además de facilitar la conexión física y programación.

Para conseguir dicha integración se requieren específicamente de 5 fases

Programación del control

Diseño de la interfaz gráfica

Hardware

Software

Comunicación.

En el primer caso, para el control de la vivienda se requieren de dispositivos que reciban señales y actúen de cierta forma según estas. Para ello es necesario de controladores o procesadores que procesen la información y tomen decisiones según ellas para realizar el control. Para ello se utilizarán plataformas de desarrollo Arduino. Dicha plataforma posee su propio entorno de desarrollo y lenguaje de programación derivada del C para establecer los algoritmos de control. Se programará cada NodeMCU con el lenguaje de programación de Arduino.

El diseño de la interfaz gráfica comprende 2 aspectos. La interfaz propiamente dicha y la comunicación de la misma con el sistema de control. Para el primer caso se realizará la aplicación utilizando la herramienta de desarrollo de aplicaciones "Android Studio", la cual permite generar aplicaciones en Android a tiempo real. Para la comunicación con el sistema de control se utilizará la herramienta de programación Adafruit, que enlazará la interfaz con el sistema de control.

El hardware es una lista de Sensores, actuadores, acondicionadores y componentes necesarios que se adecúen a las necesidades en la vivienda. Al existir una gran variedad de dichos componentes en el mercado, se establecerán ratios de rendimiento para determinar el más óptimo para cada tarea.

El software es una lista de programas y herramientas de programación que se utilizará para el diseño del sistema

Finalmente, la comunicación comprende la conexión de todo lo descrito anteriormente y con el exterior. Para ello se necesita de una programación y un dispositivo que sirva como servidor conectado a la red de internet doméstica. Se utilizará la plataforma Raspberry pi3 como servidor.

Se realizarán ensayos en módulos por cada ambiente de la vivienda a controlar y se presentará el sistema domótico integral mediante la construcción e instalación de una maqueta que muestre el funcionamiento adecuado de cada fase descrita anteriormente.

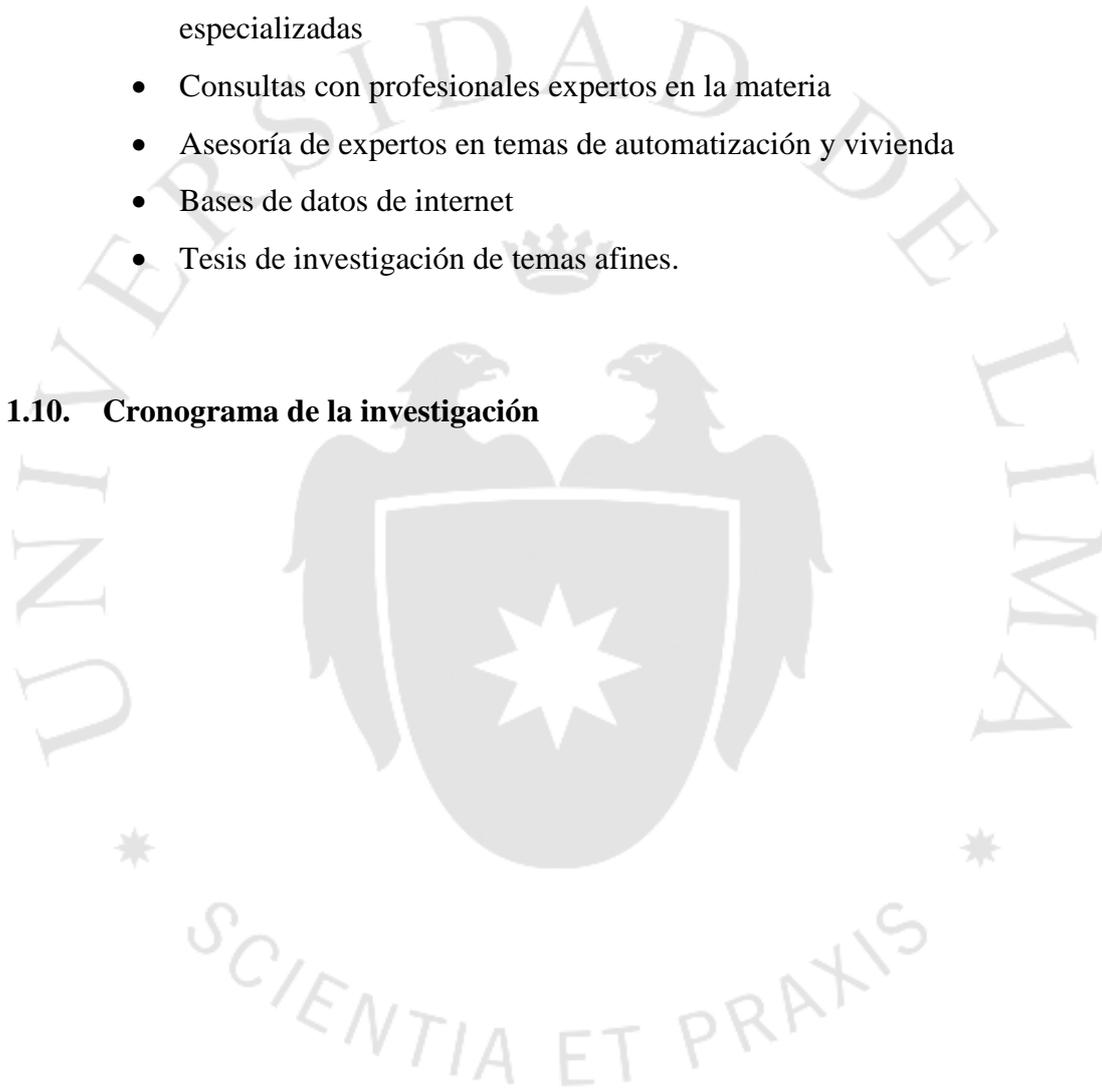
Finalmente, se utilizarán herramientas de presupuestos y ratios para determinar la viabilidad económica, social y ambiental del proyecto

### **1.9.2. Recopilación de información**

A continuación, se señalan las herramientas de obtención de datos y fuentes primarias de consulta:

- Datos obtenidos de manera experimental
- Textos teóricos de instituciones especializadas
- Estudios de mercado realizados en otros países por instituciones especializadas
- Consultas con profesionales expertos en la materia
- Asesoría de expertos en temas de automatización y vivienda
- Bases de datos de internet
- Tesis de investigación de temas afines.

### **1.10. Cronograma de la investigación**





## CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL MERCADO

El siguiente capítulo trata de acercar un poco al mercado actual de la domótica en el Perú y en el mundo. Presenta las empresas que ofrecen el servicio, los tipos de servicio y nos da a mano data estadística de la demanda de domótica en otros países del mundo. Se señala además los agentes que se ven afectados en el mercado de la domótica y los roles que cumplen en el sector.

### 2.1. Aspectos generales del mercado

El desarrollo sostenible ha permitido que en las últimas décadas, los sectores productivos, tales como la industria, la construcción, la minería, etc., experimenten un crecimiento de proyectos de inversión pública y privada<sup>2</sup>. Para lo cual se genera la necesidad de contar con profesionales altamente capaces de aprovechar y desarrollar los diversos medios, elementos y avances tecnológicos en beneficio de la sociedad y los sectores productivos del país.

Como consecuencia de las tecnologías de información, difusión de internet y la globalización, todos los mercados ligados o relacionados con estas tecnologías han adoptado las mismas características. El resultado es una fuerte aceleración en la oferta y demanda, con el mercado ofreciendo y buscando productos, capital y mano de obra.

El sector de la domótica va de la mano con el sector construcción. Es por eso que la demanda del segundo tiene un impacto significativo con el primero, lo que explica el creciente auge en la oferta y demanda del servicio domótico.

La domótica aporta, asimismo, un beneficio enorme a las personas con discapacidad; sector que generalmente no es el mercado objetivo de las empresas. El estado, tampoco destina gran parte del presupuesto a este sector. Recién en febrero de este año 2018 se aprobó el proyecto de ley para destinar el 0,5% del presupuesto asignado a los gobiernos locales y regionales a favor de las personas con discapacidad (Congreso de la República del Perú)<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Diario Gestión, 2018

<sup>3</sup> Congreso de la República del Perú, 2018

## 2.2. Análisis de la demanda

### 2.2.1. Datos generales de la población peruana

A continuación se muestran una serie de datos acerca de la población peruana.

- Número de habitantes: 31 162 184 (INEI)
- Número de viviendas: 6 754 074 (INEI)
  - o 76% de las viviendas se encuentran en zonas urbanas.
  - o 24% de las viviendas se encuentran en zonas rurales.<sup>4</sup>
- 20,2% de los hogares tienen acceso a internet(INEI)<sup>5</sup>.
- El 23,5% de los hogares están conectados a telefonía fija (INEI).
- En el 88,9% de los hogares, al menos un miembro tiene teléfono celular (INEI).
- 10,9% de hogares tienen al menos una persona con discapacidad física o mental(INEI)<sup>6</sup>.
- Solo el 45,9% de las personas con discapacidad forman parte de la población económicamente activa. (INEI)<sup>7</sup>.
- El 25% del total de las personas con discapacidad vive en condiciones de pobreza. (INEI)<sup>8</sup>

Analizando los datos estadísticos, se observa un potencial mercado doméstico en los sectores urbanos y rurales. En el sector urbano, sector donde se concentra la mayor cantidad de viviendas, la oportunidad de servicio es más evidente. En el sector rural, el servicio doméstico traería consigo beneficios de comunicación y transmisión de datos con el exterior. Finalmente, los más beneficiados con este sistema son las personas que sufren algún tipo de discapacidad. Ellas sacarían provecho de la automatización de las tareas cotidianas que normalmente no pueden realizar.

---

<sup>4</sup> Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables, 2013

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2017

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2007

<sup>7</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2015

<sup>8</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2017

El Estado se vuelve, asimismo, un mercado potencial al destinar parte del presupuesto de sus entidades regionales para las personas con discapacidad. El servicio de domótica cubriría las necesidades básicas de las personas con necesidad y que no disponen de los recursos para su implementación

### 2.2.2. Determinación de la demanda

Según los datos estadísticos recopilados, sólo 1 364 323 viviendas cuentan con acceso a internet. Al ser necesaria la conexión a internet para el sistema, esta cifra llega a ser la demanda potencial del servicio: Todas esas viviendas son aptas para la instalación del sistema domótico que se propone en la presente investigación.

Se distinguen 3 principales sectores de demanda: Las viviendas urbanas; las personas con discapacidad y el sector de responsabilidad para personas con discapacidad del estado.

En la siguiente figura se observa el universo de viviendas pertenecientes a cada sector:

Tabla 2.1

Demanda potencial de la domótica por sector al año 2017

<b>Viviendas con acceso a internet</b>	1364323
<b>Viviendas con acceso a internet con al menos una persona con discapacidad física</b>	148711
<b>Personas con discapacidad no pertenecientes a la PEA</b>	80453

Fuente: INEI, (2017)

## **2.3. Análisis de la oferta**

### **2.3.1. Agentes que conforman el mercado de la domótica**

Como se mencionó en el capítulo 1, los actores que conforman el mercado de la domótica pueden ser personas, empresas, normas, agentes reguladores, personal técnico, administración, etc. A continuación, se analizarán los principales actores y cómo su comportamiento influye en el mercado domótico.

**El estado:** Entidad reguladora, encargada de diseñar, promover, ejecutar leyes para personas con discapacidad. Asimismo, puede reglamentar estándares nacionales para el servicio domótico. Además, el Estado en sus diversos niveles (local, regional, estatal) puede desempeñar el papel de cualquier otro actor del mercado. Así, las administraciones públicas pueden ser un importante promotor, implementador o usuario. Por ejemplo, el impacto que puede tener si los institutos de secundaria utilizan un determinado modelo de equipos domóticos de enseñanza.

**Inmobiliarias:** Son las creadoras de negocio impulsando nuevas obras de construcción. Su objetivo es generar la máxima rentabilidad en cuanto al negocio de la vivienda. En cuanto a la domótica, su percepción estará en función al valor añadido percibido por los clientes, es decir, si la inmobiliaria considera que el cliente está dispuesto a pagar por el sistema una cantidad que se ve como rentable en función a la inversión realizada, la domótica puede entrar en la obra. La domótica aportará a las inmobiliarias la posibilidad de presentar viviendas con más funcionalidades, revalorizando la vivienda e introduciendo la tecnología como soporte a la sostenibilidad, en especial a la gestión energética.

**Constructoras:** Están sintiendo la necesidad de incorporar la domótica. La construcción que integra la domótico aporta prestigio y modernidad. Uno de los aspectos más importantes a considerar es la coordinación de las actividades de la obra: las instalaciones eléctricas, las tuberías, trabajos de acabado e instalaciones diversas.

**Fabricantes de dispositivos:** Son los agentes que materializan los productos. Los fabricantes en este sector se encuentran poco estandarizados. En el Perú no existen fabricantes de componentes de sistemas domóticos. Las empresas que brindan o

integran este sistema adquieren controladores de diferentes marcas internacionales. Con el reciente auge de los microcontroladores y plataformas abiertas, se hace más factible adquirir componentes de dicha naturaleza, sobre todo en las tiendas de electrónica.

Instaladores: Ejecuta la instalación domótica según los requerimientos del usuario. Cuando existe plan de construcción, existe colaboración entre el instalador y la constructora; sin embargo cuando el establecimiento físico ya está terminado, los dispositivos electrónicos son asunto del instalador. Asimismo, el instalador es quien debe asegurarse que la instalación que se realizó funciona correctamente. También tiene a su cargo las tareas de mantenimiento periódicas.

### 2.3.2. Empresas que ofrecen el servicio de Domótica en el Perú

Si bien, la domótica en el Perú es un nicho relativamente nuevo, ya existen empresas que la ofrecen. Sin embargo, como ya mencionamos, ofrecen el paquete “tradicional”, que consta de controladores y sensores industriales y poco personalizables (N.Cerna)<sup>9</sup>. Las principales empresas en el Perú son:

- Bticino Perú: Empresa del grupo Legrand con 50 años presente en el mercado de productos eléctricos nacional. Recientemente ha incorporado el servicio de domótica entre sus paquetes ofertados debido a la naciente demanda nacional. Más información en su página web: <http://www.bticino.com.pe/index.php>
- Micro Tech Perú: Empresa de servicios e instalaciones eléctricas y de comunicaciones. Actualmente ofrecen servicio de domótica por proyectos de construcción y de obra.
- LCN Perú: Empresa especializada en domótica y sistemas de automatización. Ofrece componentes domóticos e instala dispositivos dedicados. Su servicio es altamente personalizable según los requerimientos del cliente. <http://www.lcnperu.com/>

---

<sup>9</sup> Cerna Rosas, 2011

## **2.4. Evolución y tendencias del sector domótico**

### **2.4.1. Evolución del sector domótico**

En los años setenta, aparecieron los primeros dispositivos de automatización de edificios. Los primeros sistemas se instalaron en edificios comerciales y estos se limitaban al control de luz o temperatura. Con el paso de tiempo, y con el desarrollo de las tecnologías de comunicación se empezó a incorporar esta tecnología en los sistemas domóticos.

El sector domótico no es insensible a la situación económica del país y de los entes relacionados como la construcción. Si todo a esto le añadimos el hecho de que todo indica que estamos en un ciclo de crecimiento económico, no resulta raro que la domótica esté experimentando un ligero crecimiento.

Actualmente, existe la posibilidad de adquirir y desarrollar esta tecnología; si bien esto significa una inversión inicial fuerte, la calidad de vida del usuario se vería beneficiado, aumentando la seguridad, confort y comunicaciones.

Hoy en día, en cuanto a tecnología, existe una gran variedad de estándares usados en la comunicación y conexión de dispositivos que deviene en gran incompatibilidad entre dispositivos. Para solucionar este problema muchas empresas que buscan monopolizar el mercado (Como el de Bticino) utilizan una arquitectura cerrada, lo que obliga a los usuarios a comprar sus propios equipos, sensores, actuadores e interfaces.

Se espera, para este año, que el sector construcción crezca en un 9% y continúe con esa tasa por los próximos 5 años<sup>10</sup> (BCP), por lo que se espera un crecimiento económico sostenido.

---

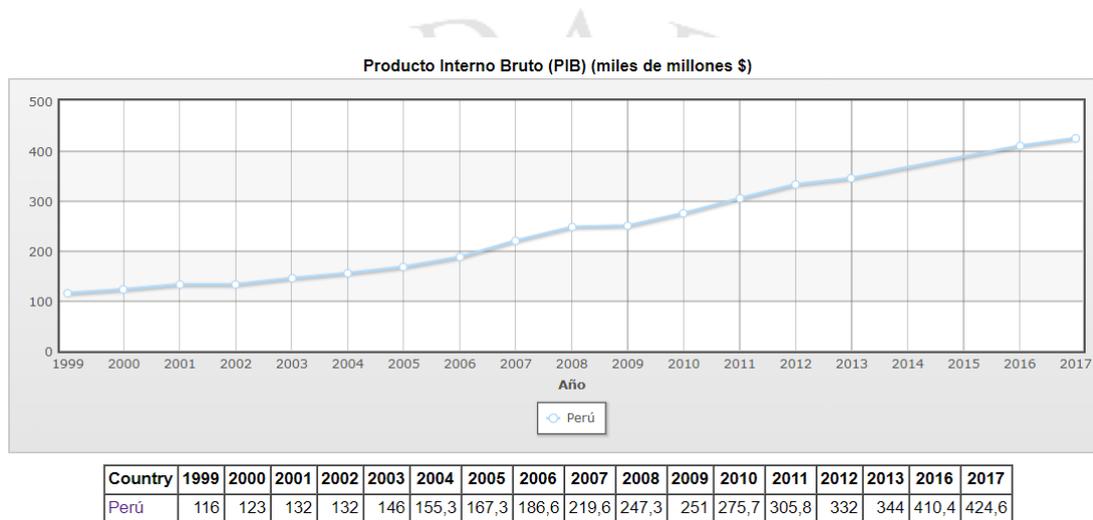
<sup>10</sup> El Comercio. 2017

## 2.4.2. Variables macroeconómicas

El país se envuena en un período de crecimiento económico. El 2018, se espera que la economía nacional crezca un 4,2%<sup>11</sup>(BCRP). En el siguiente gráfico se observa el crecimiento del PBI nacional desde el año 1999.

Figura 2.1

Producto Bruto Interno del Perú desde 1999 hasta el 2017



Fuente: IndexMundi,(2017)

Las cifras observadas demuestran un crecimiento económico constante a nivel nacional. Sin embargo para obtener la capacidad adquisitiva estimada de las personas a nivel nacional es necesario determinar el PBI per cápita. Para dicho caso, se necesita hallar un estimado del PBI per cápita estimada por los próximos años y así determinar si la capacidad adquisitiva de las personas sigue esta tendencia de crecimiento.

La siguiente figura muestra la tendencia que sigue el PBI nacional total, así como la ecuación que determinará el comportamiento del PBI en los próximos años:

<sup>11</sup>Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), 2018

Figura 2.2

Gráfico de tendencia del PBI nacional



Elaboración propia

Se observa que el  $R^2$  de la tendencia es muy cercano a la unidad, por lo que la data histórica obedece una tendencia exponencial. La ecuación nos ayuda a determinar el PBI estimado por los siguientes años:

Tabla 2.2:

PBI estimado del proyecto por los próximos 5 años

Año	Miles de millones de USD
2013	344,00
2016	410,40
2017	424,60
2018	456,42
2019	496,91
2020	541,00
2021	588,99
2022	641,25

Elaboración propia

Con dichos valores estimados verídicos, hallamos el PBI per cápita simplemente teniendo en cuenta el crecimiento demográfico proyectado a nivel nacional.

Tabla 2.3

Tabla de estimación del PBI per cápita anual

Año	Población total estimada	PBI estimado (en miles de millones de USD)	PBI per cápita anual
2017	31826018	424,60	10 808,77
2018	32162184	456,42	12 760,33
2019	32495510	496,91	13 066,42
2020	32824358	541,00	13 904,89
2021	33149016	588,99	14 990,23
2022	33470569	641,25	16 163,35

Fuente: INEI, (2017)

Se proyecta entonces que existirá mercado en el futuro, y este seguirá creciendo según la capacidad adquisitiva y la difusión de esta tecnología a nivel nacional.

#### 2.4.3. Tendencias y oportunidades

Como consecuencia de todos los cambios que están sucediendo en el ámbito tecnológico de la sociedad, la domótica debe solucionar problemas que cada día surgen; debe permitir diseñar casas y hogares que se adaptan más a las personas, más personales, funcionales y flexibles. La domótica será uno de los ejes centrales para el desarrollo futuro del hogar.

La domótico va evolucionando y poco a poco se convertirá en una necesidad de las viviendas. Las principales áreas en las que la domótica tendrá impacto significativo son:

- La domótica será capaz de cambiar las condiciones ambientales al gusto, es decir, puede manejar el control de luz, música, agua, etc. En aspectos como la regulación, matización, provocar efectos recreativos, etc.
- La regulación de la temperatura toma nuevo significado en la domótica al implementar criterios bioclimáticos.

- Las viviendas se volverán más funcionales, que permitan desarrollar facetas domésticas, profesionales y de ocio al mismo tiempo en el mismo lugar.
- Según Loxone, empresa especializada en domótica del confort y seguridad española, están bien definidas las proyecciones de la domótica mundial; estas son las siguientes:
  - En el 2016: Se potencia el ahorro y eficiencia energética generando concientización en las personas. Surge en la domótica, una opción fuerte para gestionar este aspecto que toma relevancia. El ahorro energético se convierte en el factor clave para la compra de sistemas domóticos.
  - En el 2018: Hay un incremento de las tecnologías inalámbricas. Éstas toman un papel importante en la previsión del crecimiento de los sistemas domóticos. Son cada vez más los dispositivos inalámbricos que aparecen en el mercado y más los hogares conectados a internet. Según ABI Research, para el 2018 serán 500 millones los dispositivos inalámbricos conectados en el hogar (a diferencia de sólo 13 millones en el 2013)<sup>12</sup>.
  - Para el 2020: Nos encontraremos en la era de la información. Según Gartner, En el 2020 serán 30 mil millones los dispositivos conectados a internet. Los hogares generarán data de prácticamente todos los dispositivos, facilitando la gestión de los usuarios y ofreciendo mejores soluciones de fabricantes.

Finalmente, nuestra visión de la domótica se aproxima a la de Loxone: “Una casa con domótica, a nuestro entender, debe estar automatizada y permitirnos no sólo la comodidad de controlar los dispositivos a distancia, sino también de saber que nuestra casa está ahorrando energía y que nos aporta seguridad”<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> ABI research, 2018

<sup>13</sup> ESQUIUS Meritxell, 2013

# CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS EXISTENTES

En el presente capítulo se presentan las diferentes tecnologías en hardware y software para todas las partes domóticas para su integración final. Se evaluarán las opciones que se ofertan hoy en día y se decidirá por una tecnología determinada con un argumento que sustente esa elección.

## 3.1. Controladores

El controlador es la unidad capaz de recibir, procesar o tratar la información, según una programación o algoritmo preestablecido. Interactúa con otras piezas de hardware llamadas sensores y actuadores para obtener datos de ciertos patrones de la realidad y realizar la acción correspondiente.

Actualmente, la gran mayoría de fabricantes domóticos, por no decir el 100% cuentan con soluciones compuestas por un sistema de control centralizado y un gran número de sensores y actuadores, los cuales pueden ir siendo añadidos poco a poco según se necesiten.

Lo más importante de los componentes de hardware es la compatibilidad entre el sistema de control domótico y el resto de dispositivos que conforman la red. Generalmente los controladores están conectados a internet. Estos estarán funcionando continuamente, por lo que requieren de alimentación continua, por lo que estarán conectados al sistema eléctrico suministrado en la vivienda.

Gracias a la evolución de la electrónica embebida, algunos actuadores han llegado a ser autónomos e incorporar un procesador dedicado. Dentro de los controladores utilizados en la domótica destacan los PLC, controladores dedicados y plataformas abiertas:

Se analizarán los principales controladores existentes en el mercado, señalando sus ventajas y desventajas y fundamentar la decisión del controlador a utilizar.

**Controlador lógico programable:** Son controladores de uso industrial. Robustos en su estructura física para poder funcionar correctamente en condiciones de las fábricas. Se puede programar para realizar diversas tareas. Generalmente son de alto consumo eléctrico y tienen pocas entradas y salidas a su disposición. A continuación, se describirán las ventajas y desventajas de usar este tipo de controlador:

Ventajas:

- Fácil programación por técnicos calificados.
- El autómata programable te permite ir modificando la programación y el automatismo a medida que vas viendo las necesidades de la casa.
- Es ampliable y escalable.
- Al ser un componente industrial es mucho más robusto.
- Gran variedad de componentes en el mercado.
- La interfaz de hombre maquina o panel de visualización puede ser desde un PC.

Inconvenientes:

- Los componentes son más costosos.
- Normalmente el sistema tiende a ser centralizado, por lo que si se cae la CPU, se cae todo el sistema.
- Es muy laborioso a nivel de programación y montaje, la carga de trabajo es importante.
- Requiere de más espacio donde ubicar los cuadros de control.
- Es físicamente más grande y poco estético.

Las marcas más usadas de PLC son Siemens y Allen Bradley. En Siemens, la familia S7 lidera el mercado nacional. Principalmente con el PLC siemens S7-300 y s7-200 para la industria; y S7-1200 para proyectos a pequeña escala. El PLC AB suele necesitar una fuente de alimentación del mismo fabricante y no es muy compatible con los módulos convencionales; asimismo su precio es más costoso.

Tabla 3.1

PLC's más usados en la industria nacional

 <p><b>Fuente: Siemens, (2013)</b></p>	<p>PLC Siemens S7-200</p> <p>Alta capacidad de procesamiento.</p> <p>Soporte discontinuado.</p> <p>Precio: S/. 1 200</p>
 <p><b>Fuente: Siemens, (2013)</b></p>	<p>PLC Siemens S7-300</p> <p>Alta capacidad de procesamiento.</p> <p>Precio: S/. 2 500</p>
 <p><b>Fuente: Siemens, (2013)</b></p>	<p>PLC Siemens S7-1200</p> <p>Hardware más nuevo.</p> <p>Precio: S/. 1 500</p>
 <p><b>Fuente: Allen Bradley, (2011)</b></p>	<p>PLC AB Micrologix 1200</p> <p>Hardware nuevo</p> <p>No compatible con software estandarizado TIA Portal</p> <p>Precio: S/. 2 500</p>

Elaboración propia

**Controlador dedicado:** El más usado en el sector domótico, son controladores que, desde fábrica, están prediseñados para realizar tareas específicas como el control de la luz o de las persianas. Generalmente están programadas con lenguaje de fabricante y con código protegido. Individualmente, son más baratos que los PLC, pero sólo realizan una tarea a la vez y no pueden ser reprogramados.

Son robustos y corren poco riesgo de fallas ya que el procesamiento que realizan es muy simple. Lo más caro son los dispositivos de entrada y salida (sensores y actuadores) que, por la compatibilidad con dichos controladores, son más costosos y difíciles de conseguir.

En domótica, generalmente se tiende a sistemas distribuidos, es decir, si existe alguna avería en un elemento, los demás seguirán funcionando de manera correcta. Los controles dedicados, al controlar un dispositivo a la vez, obedecen este sistema descentralizado.

Son diversas las marcas y los modelos de controladores dedicados. Cada firma tiene su preferencia en cuanto a marca y estas sacan modelos distintos constantemente

**Plataformas de desarrollo:** Son tarjetas que contienen un microcontrolador dentro de su estructura y son de código abierto, es decir tanto su estructura externa como programación es accesible por cualquier usuario y éstos pueden usarlo, modificarlo o mejorarlo a gusto, y realizan un gran número de tareas dependiendo de la programación.

En la actualidad el uso de estas tarjetas está altamente difundido entre las personas que desarrollan pequeños proyectos, hobbistas, empresas de diseño y prototipado y grandes industrias.

Son generalmente mucho más económicas que los controladores industriales y de muy fácil adquisición en el mercado nacional y en el mundo. Las empresas que las fabrican, al hacerlas Open Source, generan la posibilidad de que firmas nacionales o pequeños desarrolladores diseñen sus propias tarjetas con las mismas propiedades que las originales, lo que hace posible la fácil adquisición de dichas tarjetas.

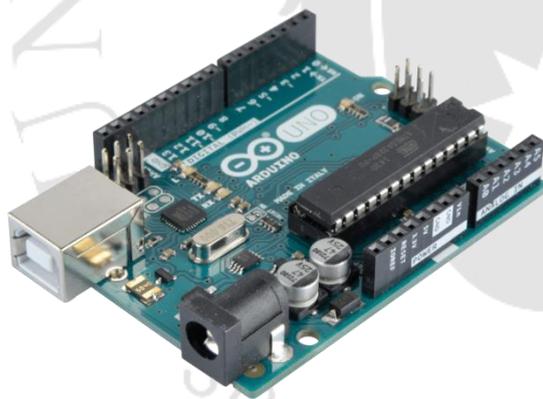
Para el proyecto que se plantea en el presente trabajo de investigación se utilizan principalmente 2 plataformas: el Raspberry pi3 y el NodeMCU. Viene conveniente mencionar asimismo a la plataforma Arduino, ya que en base a esta es que se desarrollan los controladores con ciertas extensiones como el NodeMCU, además de ser la plataforma más utilizada a nivel mundial.

Arduino: Quizás la plataforma de desarrollo más difundida entre makers, hobbyistas y personas que trabajan en proyectos de automatización. Es una plataforma de desarrollo de código abierto que puede funcionar como controlador de diversos dispositivos mediante programación en su propio lenguaje derivado del C.

Cuenta con muchos módulos de extensión que incrementan la variedad de funcionalidades y modos de control que un simple abierto o cerrado. Se utilizará un Arduino como bypass de programación entre el NodeMCU y los dispositivos de entrada y salida, así como extensor de cantidad de entradas y salidas para el Node.

Figura 3.1

Tarjeta Arduino Uno



Fuente: Arduino, (2014)

Raspberry pi3: Plataforma desarrollada por The Raspberry pi Foundation, se comporta como una pequeña computador con capacidad de trabajar con un sistema operativo completo. Se utiliza generalmente como controlador cuando se requiere una capacidad de procesamiento mayor a la de un controlador convencional, o como servidor local ya que posee en su estructura conectores compatibles con cables estándar Ethernet y comunicación por diferentes protocolos.

Puede también ser programado para desempeñar tareas de servidor como modo de seguridad del sistema local.

Figura 3.2

Raspberry Pi3



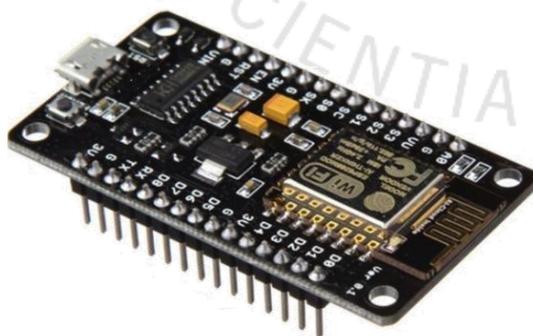
Fuente: The Raspberry pi Foundation, (2016)

NodeMCU: Es una tarjeta de una versión adaptada del Arduino que tiene incluida la comunicación wifi al asignar una IP determinada. Puede ser programada con el IDE del Arduino y cumple las mismas funciones que este.

En el sistema propuesto conformarán los nodos de control, es decir, al optar por un sistema distribuido, cada habitación de la vivienda contará con su controlador dedicado.

Figura 3.3

NodeMCU



Fuente: NodeMCU, (2014)

## Dispositivos de entrada

Conformadas por sensores e interfaces. El sensor es una pieza física que representa la entrada del sistema. Transforma una variable física medida (como la temperatura, presión, etc.) en una señal generalmente eléctrica.

Existen dos tipos de sensores según la señal que transmiten: los sensores analógicos y los digitales:

- Analógicos: Transmiten señal continua, con valores dentro de un rango. Por ejemplo temperatura, presión, corriente, etc. Generalmente se asocian con magnitudes físicas.
- Digitales: Transmiten únicamente un conjunto determinado de valores, generalmente los valores pueden ser 0 ó 1, que se traduce en “cerrado” o “abierto”, por ejemplo pertenecen a este tipo los sensores de presencia, contacto, etc.

En domótica, normalmente se usan sensores de escala domótica de fabricante, principalmente debido a la compatibilidad con el controlador, que también es de fabricante. Sin embargo existen sensores de escala domótica con controlador integrado en su estructura, lo que facilita la integración y programación, pero son muy costosos y complejos en su instalación. En el mercado local se encuentran solo a pedido por importación.

Los sensores que se utilizan en la propuesta de sistema domótico son sensores compatibles con microcontroladores, a escala electrónica, pero de funcionamiento muy fiable y muy versátil. Son fáciles de adquisición y la data es compatible con cualquier controlador en el mercado.

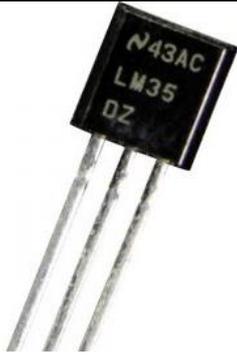
Si bien, el hardware no está acondicionado para el funcionamiento industrial, la funcionalidad es comparable con los sensores de esta escala. El tema de hardware se puede solucionar diseñando digitalmente un encofrado e imprimirlo utilizando la tecnología de impresión 3D. La Universidad de Lima provee una plataforma de fabricación llamada Centro de Innovación Tecnológica (CIT), cuyas impresoras 3D fueron usadas para esta tarea.

A continuación, se detalla la lista de posibles sensores a ser usados en un sistema domótico.

Tabla 3.2

Dispositivos de entrada a utilizar en el sistema

 <p><b>Sensor de movimiento</b> <b>PIR HC-SR501</b> <b>Fuente: Adafruit, (2014)</b></p>	<p><b>Función:</b> Detección de movimiento</p> <p><b>Dimensiones:</b> 27 x 15 x 13 mm (largo – ancho – altura)</p> <p><b>Rango de detección:</b> Ajustable con un ángulo de 110° y 7m de alcance.</p> <p><b>Temperatura de trabajo:</b> entre -15 °C a 70 °C</p>
 <p><b>Sensor de llama</b> <b>KY-026</b> <b>Fuente: DigiKey, (2014)</b></p>	<p><b>Función:</b> Detección de presencia de fuego</p> <p><b>Dimensiones:</b> 45 x 15 x 10 mm (largo – ancho – altura)</p> <p><b>Rango de detección:</b> Longitud de onda de luz entre 760 nm a 1100 nm. Con un ángulo de captación de 60°</p>
 <p><b>Sensor de gas</b> <b>MQ-2</b> <b>Fuente: DigiKey, (2013)</b></p>	<p><b>Función:</b> detección de gases de combustión: GLP, propano, metano, alcohol, hidrógeno, humo</p> <p><b>Dimensiones:</b> 25 x 15 x 20 mm (largo – ancho – altura)</p> <p><b>Rango de detección:</b> entre 300 a 10000 ppm</p> <p><b>Consumo pico:</b> 900 mW</p> <p><b>Temperatura de trabajo:</b> Entre -10 °C y 65 °C</p>



**Sensor de temperatura**

**LM-35**

**Fuente: Adafruit, (2013)**

**Función:** Detección de temperatura

**Dimensiones:** 5 x 3 x 10 mm (largo – ancho – altura)

**Rango de detección:** entre -55 °C a 150 °C



**Caudalímetro**

**YF-S201**

**Fuente: DigiKey, (2014)**

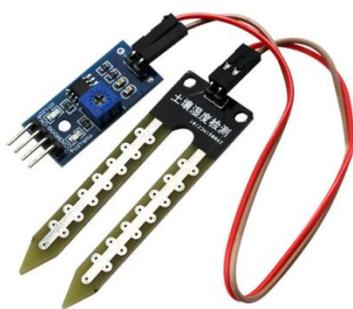
**Función:** Medición de flujo de agua

**Dimensiones:** 50 x 30 x 20 mm (largo – ancho – altura)

**Rango de detección:** Entre 1 a 30 litros/minuto

**Máxima presión de trabajo:** 2 MPa

**Temperatura de trabajo:** Entre -25 °C y 80 °C



**Sensor de humedad y temperatura**

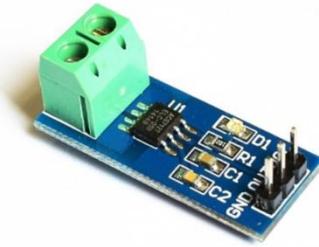
**DHT11**

**Fuente: DigiKey, (2014)**

**Función:** Medición de la humedad y temperatura en el ambiente

**Dimensiones:** 15 x 10 x 5 (largo – ancho – altura)

**Rango de detección:** Entre 0 °C a 50 °C de temperatura y entre 20 % y 100 % de humedad

	<p>Función: Medición de la corriente de consumo en amperios</p> <p>Dimensiones: 40 x 15 x 20 mm (largo – ancho – altura)</p> <p>Rango de detección: -30 A 30 A</p>
<p><b>Sensor de corriente</b> <b>ACS712</b> <b>Fuente: DigiKey, (2013)</b></p> 	<p>Función: Definir un rango de movimiento determinado, por ejemplo, el tope de movimiento de las puertas, las persianas, etc.</p> <p>Dimensiones: 50 x 20 x 35 mm (largo – ancho – altura)</p> <p>Tipo de señal: Digital</p>
<p><b>Final de carrera</b> <b>Sainsmart NO Endswitch</b> <b>Fuente: Zonamaker, (2015)</b></p>  <p><b>Teclado matricial</b> <b>KEYP44</b> <b>Fuente: Naylamp, (2016)</b></p>	<p>Función: Definir la activación de una acción de control mediante un patrón almacenado mediante programación, por ejemplo, abrir o cerrar una puerta.</p> <p>Dimensiones: 75 x 70 mm (largo – ancho)</p>

Elaboración propia

Existe mucha más diversidad de sensores compatibles con las plataformas; existen los sensores de humo, sensores de CO2, sensor de inundación, sensor de presencia, sensor de retina, sensor biométrico, sensor de metales, etc. En la tabla 3.1 se listan los sensores más comunes en la domótica; es decir los que se espera que un usuario estándar demande como servicio,

**3.2. Actuadores y mandos de potencia**

Son los elementos físicos encargados de ejecutar la acción de control, por ejemplo abrir o cerrar una válvula, prender las luces, bajar las persianas, hacer sonar la alarma, etc.

Realizan la acción de control según la lógica enviada por el controlador previamente programado. Este puede ser completamente automatizado (Por ejemplo al sentir la presencia de una persona enciende una luz), o semi-automatizado (prender la luz si una señal es enviada mediante una interfaz móvil).

Los mandos de potencia proveen de la energía que necesitan los sensores para poder ejecutar la acción de control. Los sistemas domóticos generalmente utilizan sólo los relés, contactores, salvamotores y, en el caso de utilizar un sistema neumático, electroválvulas como mandos de potencia.

Tabla 3.3

Mandos de potencia a utilizar en el sistema

	<p>Función: Controlar el paso de corriente eléctrica con una menor señal eléctrica proveniente de un controlador.</p>
<p><b>Relé de 1 canal</b> <b>SRD-05VDC</b> <b>Fuente: Adafruit, (2014)</b></p>	<p>Voltaje de funcionamiento: 20 VDC / 220 VAC. Tipo de señal que recibe: Digital</p>
	<p>Función: Establece enlaces entre distintos circuitos o aparatos de alta potencia. Se comporta como switch.</p>
<p><b>Contactador</b> <b>CJX2-2510</b> <b>Fuente: Mercadolibre, (2018)</b></p>	<p>Voltaje de activación: 5 VDC Voltaje de paso: 220 VAC</p>

Elaboración propia

Igual que los sensores, los actuadores son dispositivos que convierten una señal eléctrica en algo capaz de realizar un cambio físico en la realidad, como aumentar o disminuir la temperatura del ambiente, abrir o cerrar compuertas, prender una luz, etc.

De la misma manera, existe una gran variedad de actuadores en el mercado compatibles con las plataformas de desarrollo mencionadas. El usuario es el que decide

qué se implementará, o qué acciones de control quiere realizar en su vivienda. A continuación se listará los actuadores más comunes en el sector doméstica:

Tabla 3.4

Actuadores a utilizar en el sistema

 <p><b>Sirena de 120 dB</b>  <b>Leezo Ear Piercing Indoor Siren</b>  <b>Fuente: Leezo, (2016)</b></p>	<p>Función: Indicador</p> <p>Dimensiones: 50 x 30 x 75 mm (largo – ancho – altura)</p> <p>Máxima potencia de audio: 120 dB</p> <p>Temperatura de trabajo: Entre -25 °C y 70 °C</p> <p>Voltaje de trabajo: 12 V</p> <p>Precio: 5 USD</p>
 <p><b>Motor de potencia</b>  <b>Liftmaster 8360 W</b>  <b>Fuente: Liftmaster, (2018)</b></p>	<p>Función: Realizar movimiento mecánico para abrir o cerrar la puerta de garaje</p> <p>Conexión wifi disponible</p> <p>Potencia de trabajo: ½ HP</p> <p>Voltaje de trabajo: 120 VAC – 60 Hz</p> <p>Precio: 250 USD</p>
 <p><b>Aire acondicionado</b>  <b>Lennox VWMA</b>  <b>Fuente: Lennox, (2017)</b></p>	<p>Función: Controlar la temperatura del ambiente (enfriador)</p> <p>Voltaje nominal: 220 VAC 60 Hz</p> <p>Potencia: 2 kW – 8 kW</p> <p>Ruido: 29 dB</p> <p>Peso: 40 lb</p> <p>Precio: 400 USD</p>



**Ecocalentador**

**Joal Eco**

**Fuente: Joal, (2017)**



**Bomba de agua**

**Eberth 2 Motobomba**

**Fuente: Eberth / Amazon, (2018)**



**Iluminación LED**

**L-Techo-90M-6W Led**

**Fuente: iLed Perú, (2016)**

Función: Regular la temperatura del ambiente (calefactor)

Voltaje nominal: 220 VAC – 60Hz

Potencia: 800 – 1600 W

Peso: 6,5 kg

Libre de CO<sub>2</sub>, no genera gases dañinos al medio ambiente ni a las personas

Funcionamiento por resistencia calefactora y ventilación

Precio: 450 USD

Función: Activación del sistema de riego de jardín.

Capacidad: 30 000 l/h

Arranque automático por alimentación

Dimensiones: 470 x 375 x 385 (largo ancho – altura)

Peso: 21,7 kg

Precio: 150 USD

Función: Iluminación de los ambientes de la vivienda

Potencia: 6 W

Color: blanco

Voltaje nominal: 220 VAC – 60 Hz

Precio: 25 USD



### **Iluminación LED a color**

**Cinta LED RGB 5050**

**Fuente: Mercadolibre, (2018)**

**Función:** Iluminación de colores

Atenúa la luz en diferentes ambientes de la vivienda como en la pared, los muebles, detrás de las pantallas.

Puede ajustarse para generar luz en todo un ambiente y poder controlar el matiz deseado.



### **Cerradura electromagnética**

**Electroimán Rosslare**

**Fuente: Rosslare, (2016)**

**Función:** Cerrar dos objetos separados mediante fuerzas electromagnéticas, por ejemplo las puertas.

Se abren al llegarles una señal proveniente de algún dispositivo de entrada o controlador.

**Voltaje de entrada:** 5 VDC

**Señal:** Digital



### **Motor para persianas**

**Electric roller Shellhard**

**Fuente: Shellhard, (2017)**

**Función:** Abrir o cerrar persianas de manera automática

**Voltaje de trabajo:** 12 VDC

**Potencia:** 60 W

Elaboración propia

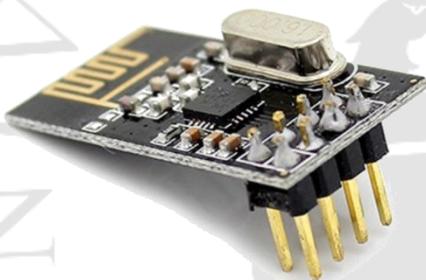
Adicionalmente, es posible que sean necesarias tarjetas de extensión para el correcto funcionamiento de los componentes. Algunos agregan nuevas funcionalidades o dan la posibilidad de nuevas formas de control.

NRF24: Es una tarjeta de extensión compatible con Arduino que permite la transmisión y recepción de datos mediante radiofrecuencia. Las ondas de radio incluyen las transmisiones AM, FM, televisión, conexión a la telefonía, bluetooth y wifi.

Se pretende utilizarla para ampliar la funcionalidad de algunos dispositivos como la alarma para que, además de generar la acción física de control, éste llame por teléfono móvil al usuario para alertarle la intrusión al sistema o al hogar.

Figura 3.4

Tarjeta NRF 2401



Fuente; Promtec, (2015)

### 3.3. Red

Es un sistema de circulación y transmisión de elementos que se unen en distintos puntos o nodos que pueden encontrarse en diferentes ubicaciones geográficas.

Según el elemento que circule por dicho sistema se tendrá:

- Red eléctrica (circula la corriente eléctrica).
- Red de agua (entrada y salida de agua, tuberías, etc.).
- Red de comunicaciones (circulan datos, información, telefonía, internet).

Para que una red funcione correctamente son necesarias toda una serie de elementos, señales, reglamentos, normas y códigos que regulen la naturaleza del elemento a circular y la compatibilidad de los dispositivos a los que se conectan.

### 3.3.1. Red eléctrica

Es el sistema cableado que provee de energía eléctrica a todos los dispositivos eléctricos de la vivienda, como la luz o los electrodomésticos. En Perú, la energía eléctrica es distribuida en las viviendas a 220 V de corriente alterna a 60 Hz.

### 3.3.2. Red de agua

Es el sistema de tuberías, bombas y tanques que suministran a la vivienda de agua potable. Incluye el sistema de tuberías, sistema sanitario y desagüe.

### 3.3.3. Red de comunicaciones

Es el sistema que comprende todos los protocolos de comunicación de los dispositivos domésticos con el exterior. Generalmente existe un sistema cableado de comunicación con protocolo ETHERNET para los dispositivos de conexión a internet; y un sistema inalámbrico de ondas de radio para la comunicación de los dispositivos de comunicación a distancia.

Comprenden generalmente esta red los sistemas de internet, televisión de cable y telefonía fija.

Para una completa implementación de un sistema domótico, se tiene que abarcar todas las redes existentes en la vivienda. La red eléctrica implica instalación de la mayoría de dispositivos que funcionan con energía eléctrica, lo cual implica trabajo de cableado y conexiones. La red de agua implica instalación de dispositivos de control del consumo de agua o la apertura de válvulas para el control a distancia (por ejemplo un sistema de riego automatizado). Finalmente, la red de comunicaciones implica la conexión de los dispositivos con el exterior, además de la comunicación entre los dispositivos del sistema domótico (sensores, actuadores) con los controladores y el servidor local. Esta red doméstica funcionará con un protocolo distinto a la red de internet estándar, es decir, el servidor generará una IP privada para aislar los dispositivos del sistema con el exterior.

### 3.4. Software

Pertencen al Software todos los programas asociados para el control digital, programación, interacción, compatibilidad y comunicación de todas las piezas de hardware con el mundo digital.

La tecnología actual permite una gran variedad de programas para los diferentes usos en la domótica, muchos de ellos libres y para otros se requiere licencia; estos últimos son más seguros y no corren el riesgo de una copia de su sistema ni que sean usados para fines no regulados.

La mayoría de programas para programar controladores pueden ser modificados mediante programación. Son diversos los lenguajes con los que se pueden programar los dispositivos, citarlos todos sería una tarea interminable pues cada día surgen nuevos lenguajes variantes de los lenguajes base, sin embargo, se pueden resaltar 3 lenguajes de programación más comunes que se utilizan en este sector de los controladores:

Python es un lenguaje de programación bastante difundido en los últimos años. Es compatible con todos los sistemas operativos mediante drivers de compatibilidad.

Arduino funciona con su propio lenguaje de programación derivado del C. Es un lenguaje con el que se puede programar varios microcontroladores y cuenta con un IDE compatible con otras tarjetas de desarrollo.

Programación por bloques permite el desarrollo de código mediante una interfaz visual arrastrando bloques de rutinas y uniéndolas con conectores gráficos. Es muy usado para el desarrollo de interfaces, sin embargo se requiere mayor procesamiento para realizar las rutinas debido a la complejidad del lenguaje.

Asimismo, las interfaces gráficas se pueden programar con diversos métodos y lenguajes; entre ellos los más usados son Javascript, Android Studio y PHP. El sistema que se plantea utiliza una interfaz más simple generada por el servidor y página web Adafruit; que cuenta con un software de web que permite la programación de una interfaz gráfica y la conexión de los botones con controladores mediante una programación por bloques y conexión a internet. Este método es bastante sencillo y de programación rápida; sin embargo la seguridad del sistema se ve comprometida al poseer sólo un nivel básico de seguridad mediante usuario y contraseña.

Para la comunicación de servidor con un sistema local existen protocolos estandarizados. El protocolo que se utiliza para sistemas de control por internet y microcontroladores más utilizado es Mosquitto o MQTT (Message Queue Telemetry Transport). “Este protocolo está orientado a la comunicación de sensores, debido a que consume muy poco ancho de banda y puede ser utilizado en la mayoría de los dispositivos empotrados con pocos recursos (CPU, RAM, etc.). Un ejemplo de uso de este protocolo es la aplicación de Facebook Messenger tanto para Android y Iphone”<sup>14</sup> (geekytheory). El Servidor es llamado “Broker”, y este es el encargado de gestionar la red y transmitir los mensajes. Es muy utilizado por los proyectos de control con la plataforma Arduino por web.

Finalmente, los sistemas operativos conforman parte del software. Son los encargados de la interacción del usuario con las funciones del computador y pueden ejecutar programas o algoritmos dedicados a tareas específicas. Generalmente requieren de un procesador potente y una memoria para la compilación y ejecución de las rutinas; en el caso del sistema domótico propuesto, el Raspberry pi 3 es la pieza de hardware a la que se cargará el sistema operativo para el control, ejecución y gestión del servidor local. Existe una gran variedad de sistemas operativos pero el que se utilizará es el sistema de mayor compatibilidad con la programación y componentes ya que permite la programación y edición de código desde su terminal. Este sistema operativo es Ubuntu.

---

<sup>14</sup> Yébenes Galvez Jose Antonio, 2017

# CAPÍTULO IV. PROGRAMACIÓN, INTERFAZ Y CONTROL

## 4.1. Programación de la interfaz visual

La interfaz de control permitirá visualizar los comandos del sistema de manera gráfica, con botones, escalas y colores que permitan identificar fácilmente los dispositivos a los cuales están vinculados.

Como se mencionó en capítulos anteriores, se hará uso de la plataforma Adafruit para este propósito ya que ofrece versatilidad a la hora de configurar dispositivos externos al sistema mediante el manejo de variables. Asimismo, la misma plataforma Adafruit funciona como servidor global o Bróker del sistema domótico mediante el protocolo estándar MQTT.

La programación de la interfaz consiste en jalar los bloques de botones predeterminados de esta plataforma y asignarles una serie de parámetros y nombres para poder ser identificadas y ancladas al dispositivo de control y al controlador, por ejemplo, la temperatura, la luz (encendido, apagado), etc.

Figura 4.1

Interfaz de control del baño de la vivienda en Adafruit



Elaboración propia

La figura 4.1. muestra la interfaz de control propuesto de una de las habitaciones de la vivienda. En este caso, el usuario decidió tener el control remoto de las luces, el aire acondicionado, la calefacción y la puerta.

La figura muestra asimismo, los parámetros de la variable de control de cada botón de la interfaz. Es necesario asignar estas variables a cada comando para que pueda ser reconocido por el controlador mediante la programación y, de esta manera, asignar el sensor y actuador anclados para la ejecución de la tarea. Se tiene que tener cuidado con la sintaxis y los caracteres del programa, pues un error de escritura puede hacer caer el sistema.

#### 4.2. Enlaces del sistema de control

Se trata de la programación de los dispositivos para la comunicación entre ellos, los sensores, actuadores y el servidor.

No es el protocolo o la forma de comunicación, sino el código o la rutina que se encarga de identificar las variables asignadas a los dispositivos, enlazarlos con una parte del procesamiento de los controladores y utilizar dichas variables para realizar las acciones de control.

Como se mencionó previamente, el sistema domótico propuesto cuenta con 3 enlaces: El bróker con el servidor local; el servidor local con los nodos y cada nodo con los sensores y actuadores correspondientes.

La comunicación del Broker (Adafruit) con el servidor local (Raspberry pi3) utiliza el protocolo Mosquitto o MQTT que, como se explicó en el capítulo 3, está diseñado para la transferencia de pequeños paquetes de datos en tiempo real; ideal para proyectos que engloban internet de las cosas.

**Servidor local:** El primer paso para establecer la comunicación es instalar la última versión del sistema operativo Raspbian Jessie en el Raspberry pi3. Una vez cargado el sistema operativo se puede programar o descargar extensiones al estar conectado a internet. Se debe descargar el firmware Mosquitto (MQTT) en esta tarjeta para que pueda ser comunicado con este protocolo. Para utilizar un nuevo repositorio primero se tiene que importar una clave de acceso, que se consigue ejecutando el siguiente comando desde el terminal del Raspberry pi:

```
wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-repo.gpg.key
sudo apt-keyadd mosquitto-repo.gpg.key
```

Luego, se tiene que habilitar el repositorio en APT (Advance Packaging Tool), que es un gestor de paquetes estándar para Linux y Debian, esto permite habilitar una biblioteca de funciones y comandos para distribuir paquetes a nodos vía web. Para ello se digita el siguiente comando:

```
cd /etc/apt/sources.list.d/
```

Dependiendo en la versión del sistema operativo se digita el siguiente comando

```
sudo wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-wheezy.list
sudo wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-jessie.list
sudo wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-stretch.list
sudo apt-get update
```

En nuestro caso, estamos utilizando la versión de Jessie, por lo que sólo digitamos la línea que contiene el sistema operativo.

Luego, se instala el servidor Mosquitto ejecutando el siguiente comando.

```
sudo apt-get install mosquitto
```

En seguida, tras instalar el servidor mosquito se procede a instalar el cliente:

```
sudo apt-get install mosquitto-clients
```

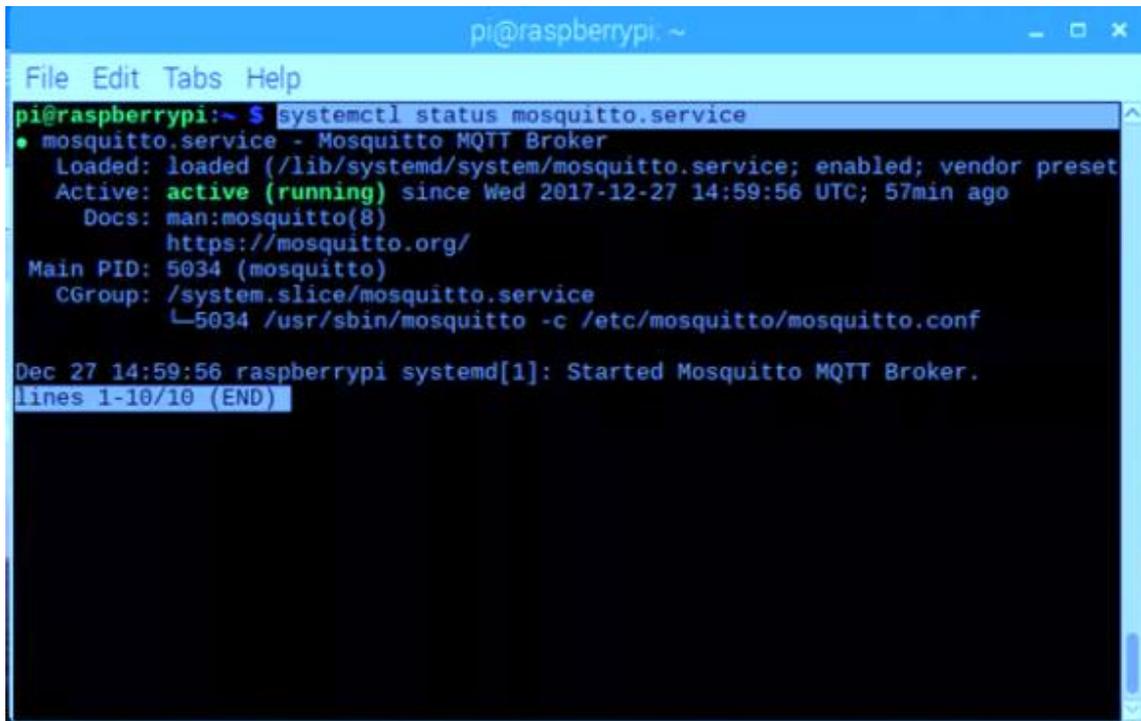
Para verificar los servicios instalados se utiliza el siguiente comando:

```
systemctl status mosquitto.service
```

Si todo fue ejecutado correctamente, se muestra la siguiente línea de comandos enlazando el bróker al Raspberry pi3:

Figura 4.2

Interfaz de instalación MQTT en el terminal de Raspberry Pi3



```
pi@raspberrypi:~ $ systemctl status mosquitto.service
● mosquitto.service - Mosquitto MQTT Broker
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/mosquitto.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Wed 2017-12-27 14:59:56 UTC; 57min ago
     Docs: man:mosquitto(8)
           https://mosquitto.org/
   Main PID: 5034 (mosquitto)
    CGroup: /system.slice/mosquitto.service
           └─5034 /usr/sbin/mosquitto -c /etc/mosquitto/mosquitto.conf

Dec 27 14:59:56 raspberrypi systemd[1]: Started Mosquitto MQTT Broker.
lines 1-10/10 (END)
```

Elaboración propia

Librerías adicionales son requeridas para poder programar el servidor utilizando este protocolo. La librería a instalarse se llama paho-mqtt y puede instalarse desde el terminal utilizando el siguiente comando:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install pythonpython-pip
sudo pip install RPi.GPIO paho-mqtt
```

Ahora se requiere configurar una dirección IP estática. Esto servirá para anclar los dispositivos por defecto a la misma red, lo cual permitirá que, si hubiera algún tipo de desconexión, ésta se volverá a integrar a la red de manera automática.

Para lograr este objetivo, se tiene que abrir el terminal y ubicarse en la carpeta dhcpcd.conf y con cualquier editor de texto modificar el código con el siguiente script:

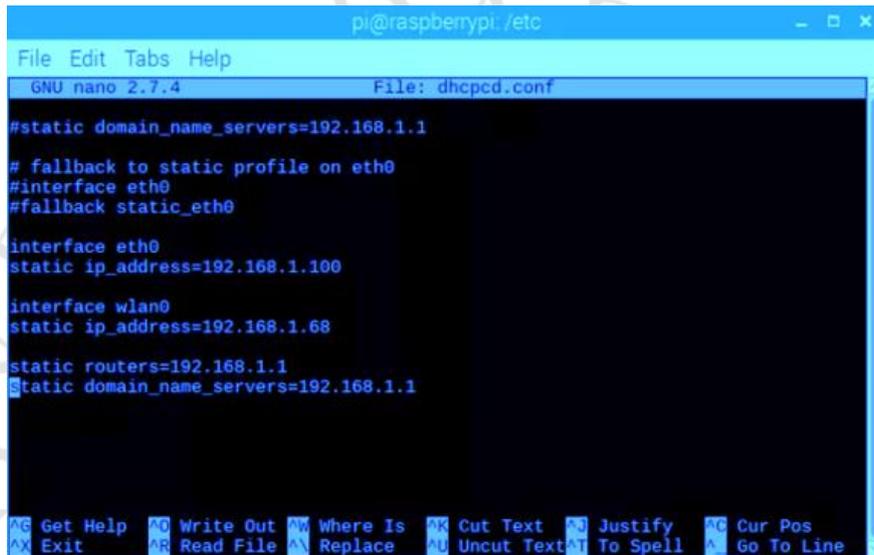
```
interface eth0
static ip_address=192.168.1.100// ip que se quiere usar
interface wlan0
static ip_address=192.168.1.68
```

```
static routers=192.168.1.1// la pasarela por defecto de la
vivienda
static domain_name_servers=192.168.1.1
```

Finalmente, se guarda el archivo y la siguiente vez que se inicie el programa quedará asignada la IP estática.

Figura 4.3

Asignación de la IP estática en el servidor local



```
pi@raspberrypi: /etc
File Edit Tabs Help
GNU nano 2.7.4 File: dhcpcd.conf
#static domain_name_servers=192.168.1.1
# fallback to static profile on eth0
#interface eth0
#fallback static_eth0
interface eth0
static ip_address=192.168.1.100
interface wlan0
static ip_address=192.168.1.68
static routers=192.168.1.1
static domain_name_servers=192.168.1.1
^G Get Help ^O Write Out ^W Where Is ^R Cut Text ^J Justify ^C Cur Pos
^X Exit ^B Read File ^M Replace ^U Uncut Text ^T To Spell ^_ Go To Line
```

Elaboración propia

El Raspberry pi es ahora el servidor local y gestor de los nodos que le asignará según se requiera.

**Interfaz de control:** Para enlazar el sistema de control con la interfaz diseñada, Adafruit ofrece una serie de parámetros llamados Feeds para asignar cada botón a una variable con un nombre determinado, el cual será anclado al controlador mediante la programación con Arduino.

La siguiente imagen muestra los parámetros o “Feeds” que se creó en Adafruit para el proyecto ejemplo de la implementación del sistema domótico:

Figura 4.4

VARIABLES ASIGNADAS PARA EL PROYECTO DE LA VIVIENDA

Group / Feed	Key	Last value	Recorded
Default	default		
<input type="checkbox"/> BF	bf	ON	15 days ago
<input type="checkbox"/> BP	bp	ON	15 days ago
<input type="checkbox"/> CF	cf	ON	16 days ago
<input type="checkbox"/> DF	df	ON	18 days ago
<input type="checkbox"/> DP	dp	ON	18 days ago
<input type="checkbox"/> onoff	onoff	ON	18 days ago
<input type="checkbox"/> photocell	photocell	23	18 days ago
<input type="checkbox"/> PP	pp	ON	9 days ago
<input type="checkbox"/> PR	pr	ON	9 days ago
<input type="checkbox"/> SF	sf		a month ago

Elaboración propia

En este caso, los nombres de las variables corresponden al control de diferentes aspectos de la vivienda:

BF: Iluminación del baño

BP: Puerta de acceso al baño

CF: Iluminación de la cocina

DF: Iluminación del dormitorio

DP: Puerta de acceso de

Onoff: Ventilación de la sala

Photocell: Control de la iluminación de la sala

PP: Puerta de acceso al patio principal

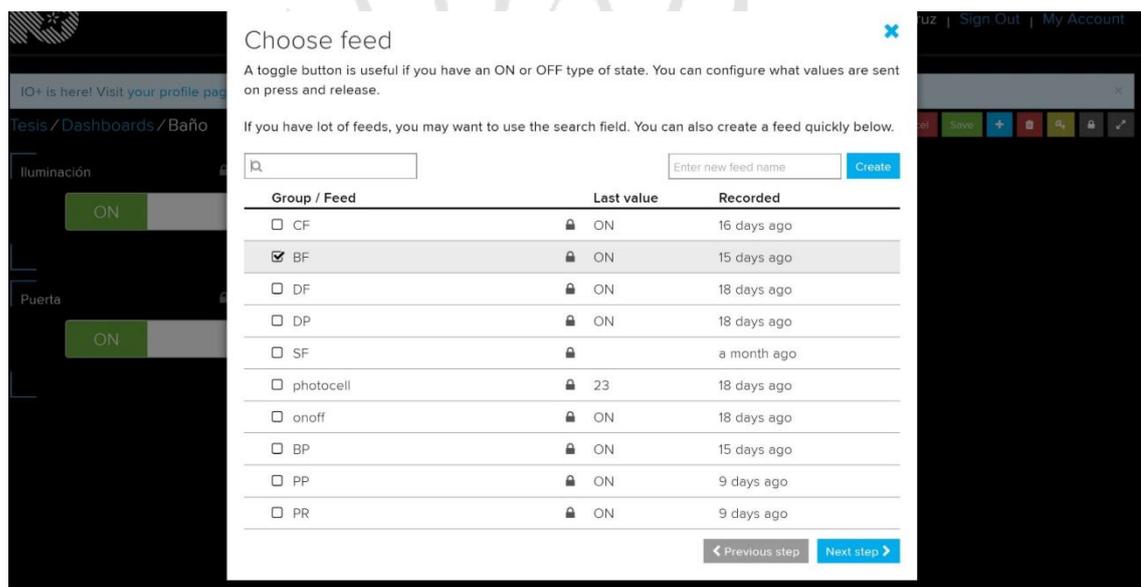
PR: Sistema de riego del patio principal

SF: Iluminación de la sala

Estas variables son asignadas a cada botón de la interfaz gráfica, de esta manera cada botón tendrá una función dedicada, sin cruces ni variables al aire. Nuevamente, Adafruit permite la asignación simple de los feeds a cada botón mediante una simple interfaz de marcación. La siguiente figura muestra esta interfaz siendo asignada al botón iluminación del baño de la vivienda (BF).

Figura 4.5

#### Asignación de variables para la interfaz de control de la iluminación del baño



Elaboración propia

Finalmente, las variables quedan asignadas a cada botón para el posterior enlace con cada controlador.

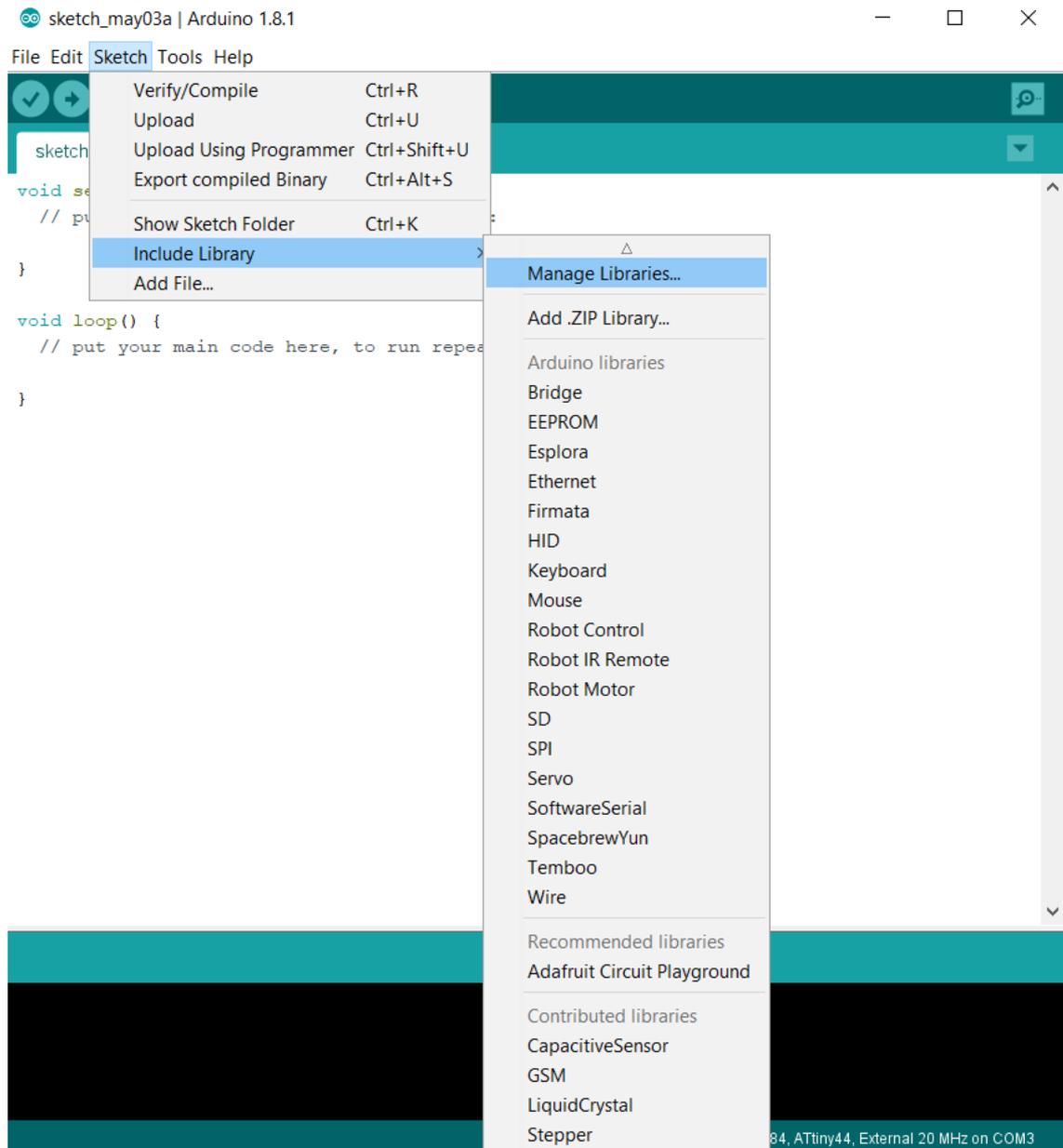
**Sistema de control:** El enlace al sistema de control se realiza utilizando la interfaz de Arduino ya que es el lenguaje estándar de programación del NodeMCU.

Para lograr en enlace, se tiene que descargar la librería de comunicación MQTT, siguiendo los siguientes pasos:

En la interfaz de Arduino, nos ubicamos en la extensión Sketch/Incluir librería/Administrar librerías.

Figura 4.6

## Administrador de librerías en el IDE de Arduino

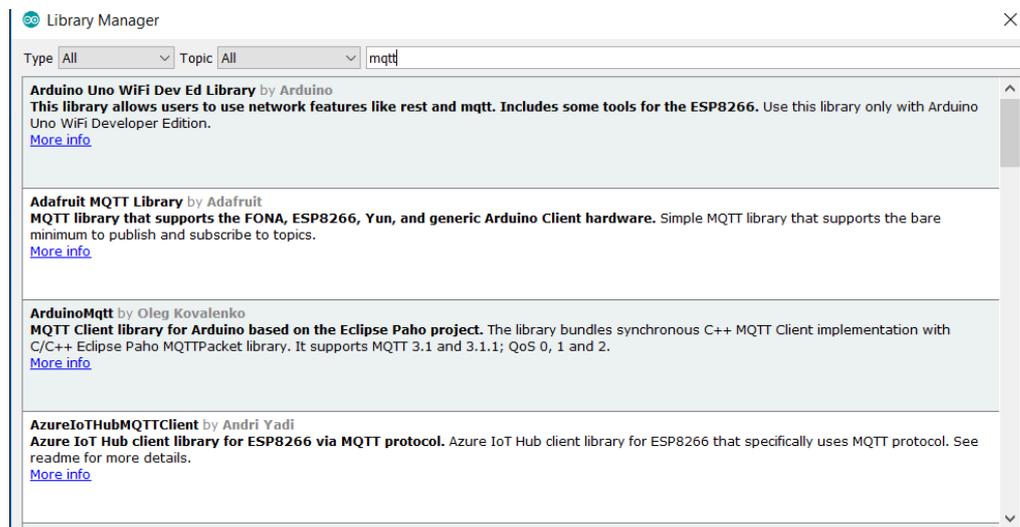


Elaboración propia

En esta extensión nos aparecerán todas las librerías que pueden ser incluidas a un Arduino mediante web. En el buscador, escribimos MQTT, lo cual filtrará las librerías para mostrar sólo aquellas que incluyan contenido de este protocolo

Figura 4.7

## Librerías MQTT para el Arduino



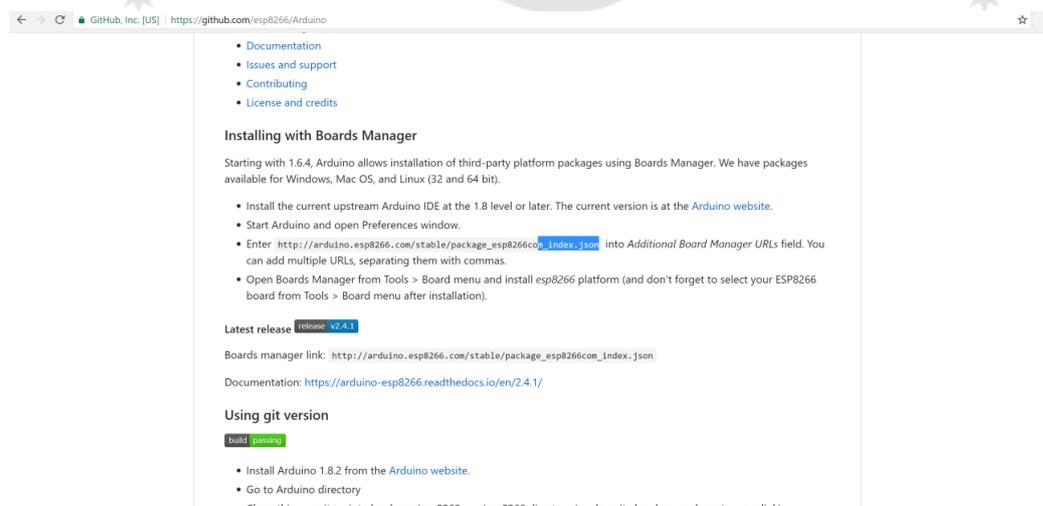
### Elaboración propia

En este caso, nos estaremos comunicando con el bróker de Adafruit, por lo que debemos descargar la librería de Adafruit.

Seguidamente, se debe agregar el controlador NodeMCU en las tarjetas de programación de la interfaz de Arduino. Para ello, desde el repositorio de GitHub, copiar el link: [http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json).

Figura 4.8

## Repositorio esp8266 de GitHub



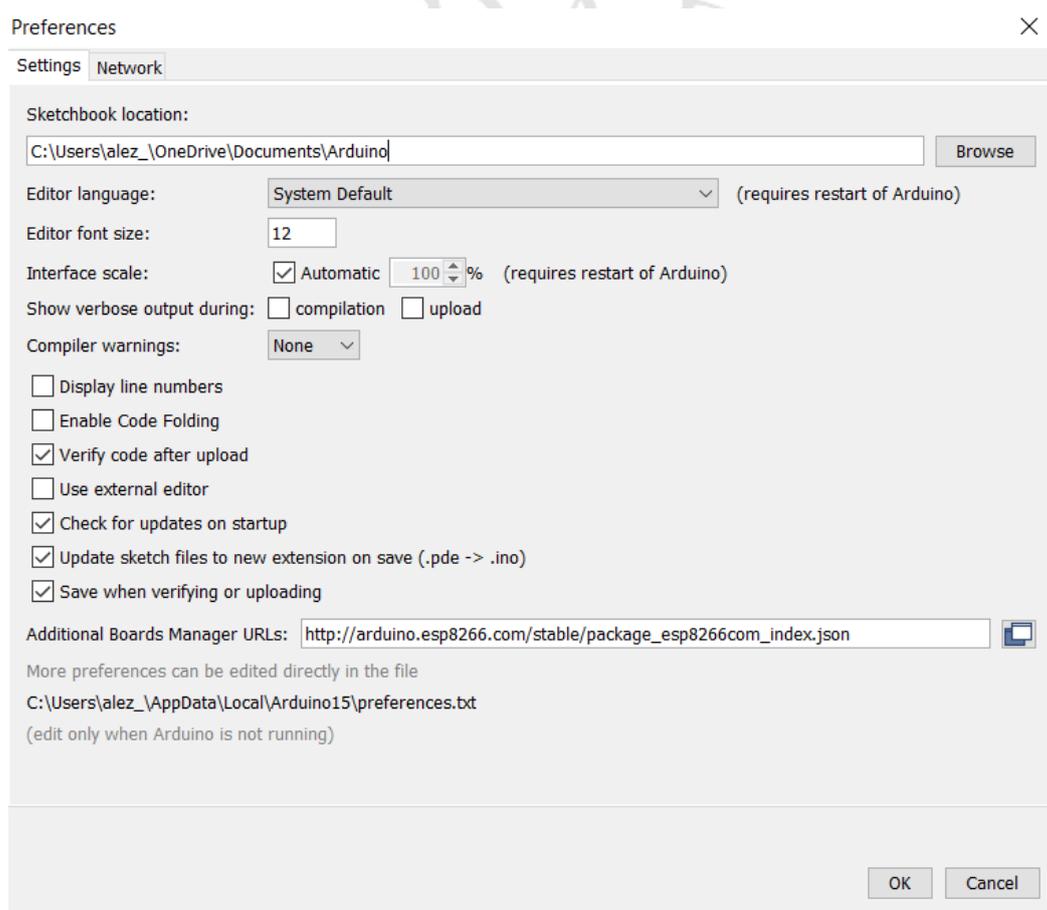
Fuente: GitHub, (2017)

Para que reconozca el driver del NodeMCU se deben ir al gestor de tarjetas en la IDE de Arduino

En las preferencias, copiar el enlace de Github. Esto habilitará la tarjeta NodeMCU para ser instalado en el gestor de tarjetas del Arduino:

Figura 4.9

#### Ajuste de preferencias en el IDE de Arduino

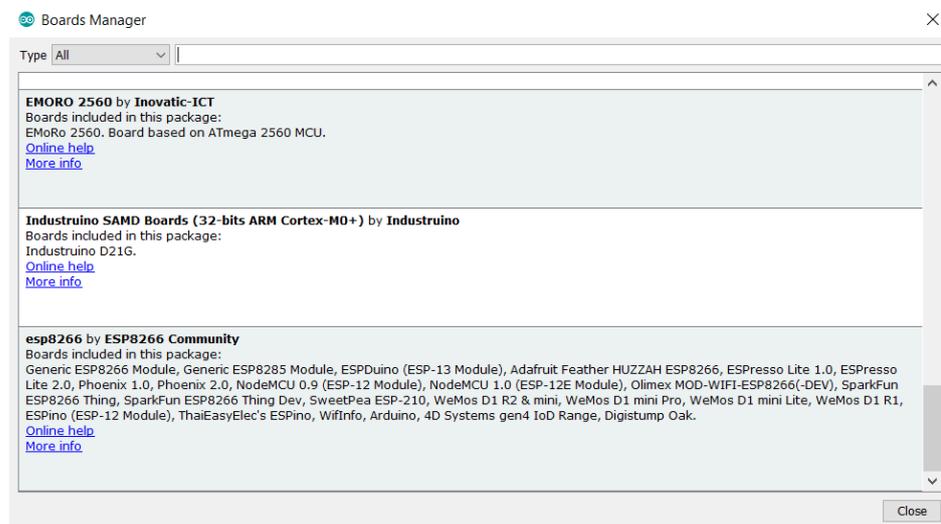


Elaboración propia

En seguida aparecerá el NodeMCU modelo esp8266 entre las tarjetas programables en el gestor de tarjetas del Arduino. Se procede con la instalación de la misma.

Figura 4.10

## Gestor de tarjetas con el esp8266 en el IDE de Arduino

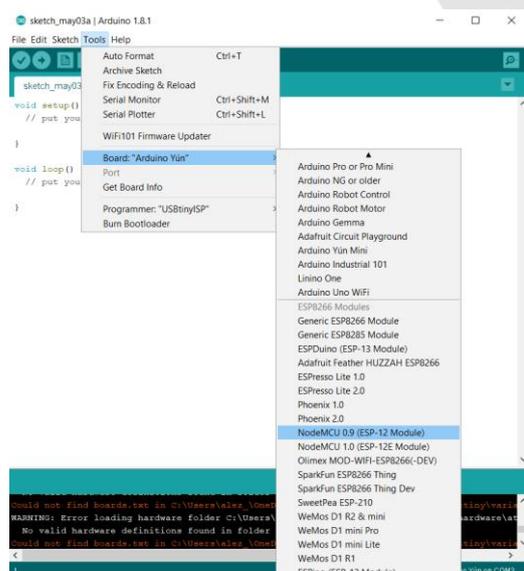


Elaboración propia

Tras instalar la librería, el NodeMCU aparecerá entre las posibles tarjetas programables en la interfaz de Arduino. Seleccionamos la versión 0.9 ya que es la recomendada por el fabricante.

Figura 4.11

## Asignación de la tarjeta de controlador en el IDE de Arduino

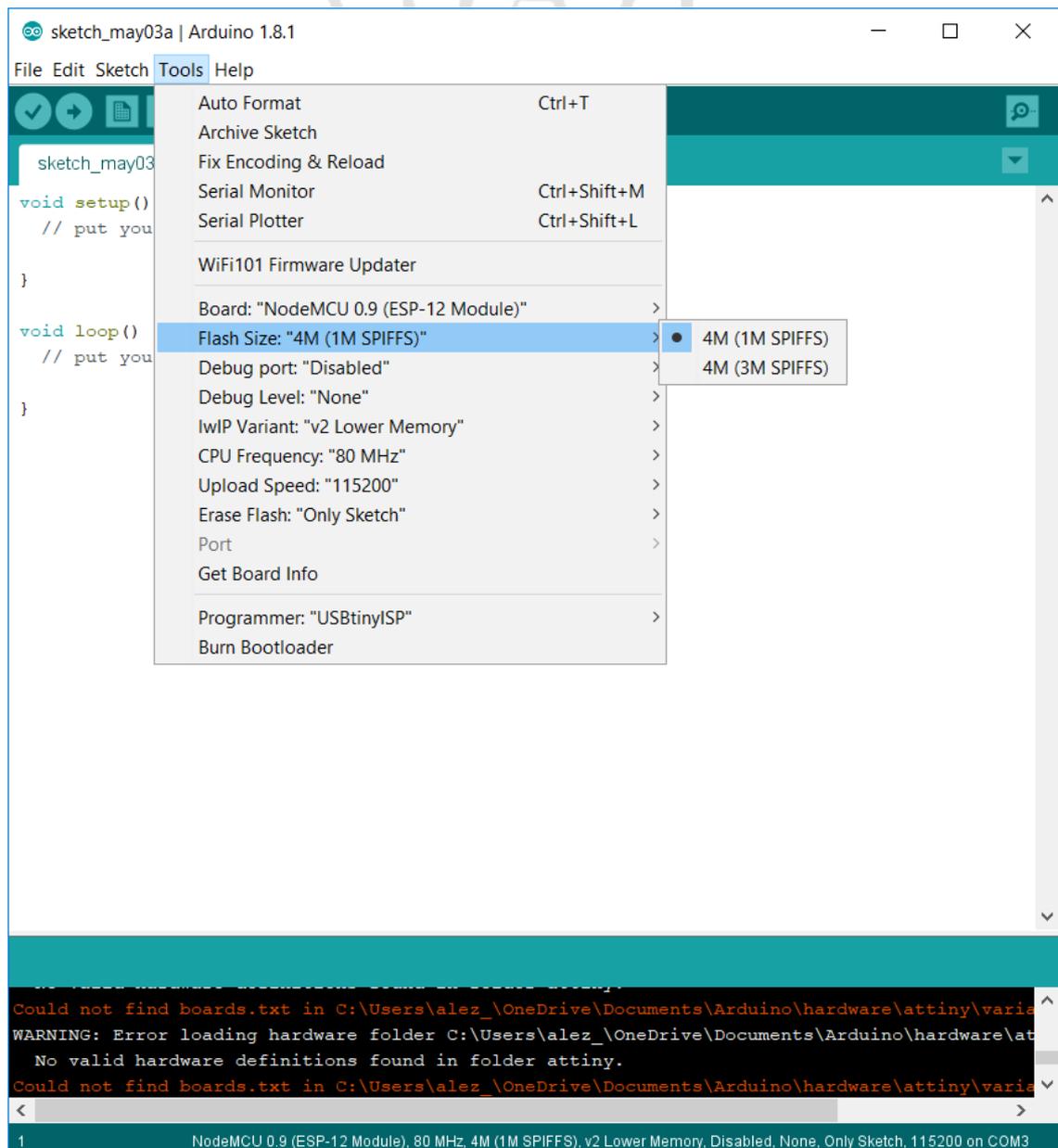


Elaboración propia

Finalmente, para que la tarjeta esté óptima para ser programada se debe seleccionar el tamaño de la memoria flash integrada en la tarjeta, la cual está escrita en el datasheet del NodeMCU. En la pestaña de herramientas/Flash Size y tener seleccionada la opción 4M (1M SPIFFS), que es la alternativa por defecto del NodeMCU.

Figura 4.12

#### Selección de tamaño de la memoria flash del controlador

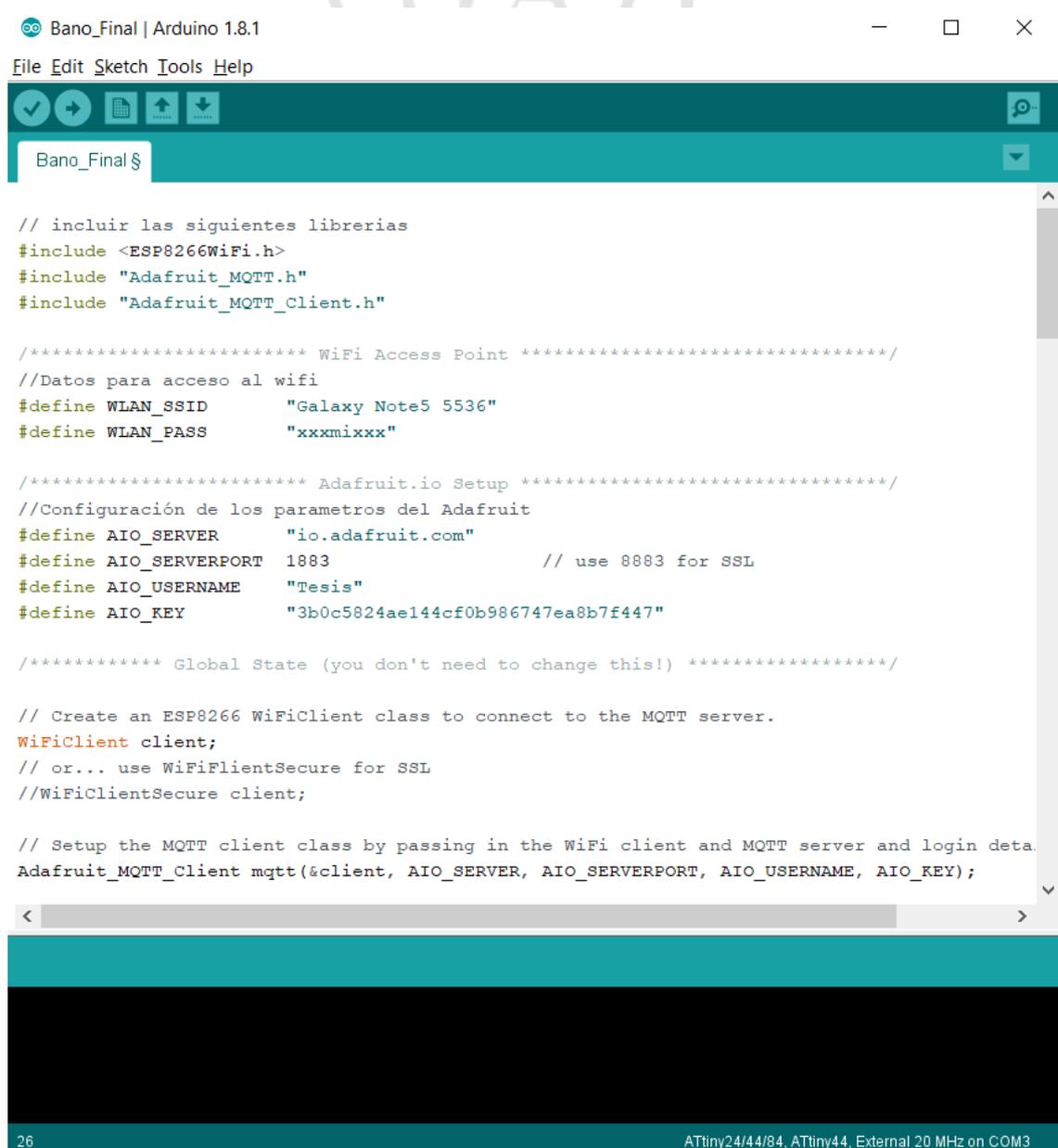


Elaboración propia

Una vez acondicionada la interfaz de Arduino para la programación del NodeMCU se procede a comunicar el controlador con el servidor mediante el protocolo MQTT. Esto se realiza en la misma programación del Arduino. La siguiente figura muestra la programación del enlace del controlador con el servidor:

Figura 4.13

Programación del enlace del controlador con el servidor mediante el protocolo MQTT en lenguaje de Arduino



```
Bano_Final | Arduino 1.8.1
File Edit Sketch Tools Help

Bano_Final $

// incluir las siguientes librerias
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "Adafruit_MQTT.h"
#include "Adafruit_MQTT_Client.h"

/***** WiFi Access Point *****/
//Datos para acceso al wifi
#define WLAN_SSID      "Galaxy Note5 5536"
#define WLAN_PASS      "xxxxmixxx"

/***** Adafruit.io Setup *****/
//Configuración de los parametros del Adafruit
#define AIO_SERVER      "io.adafruit.com"
#define AIO_SERVERPORT  1883           // use 8883 for SSL
#define AIO_USERNAME    "Tesis"
#define AIO_KEY         "3b0c5824ae144cf0b986747ea8b7f447"

/***** Global State (you don't need to change this!) *****/

// Create an ESP8266 WiFiClient class to connect to the MQTT server.
WiFiClient client;
// or... use WiFiClientSecure for SSL
//WiFiClientSecure client;

// Setup the MQTT client class by passing in the WiFi client and MQTT server and login deta.
Adafruit_MQTT_Client mqtt(&client, AIO_SERVER, AIO_SERVERPORT, AIO_USERNAME, AIO_KEY);

26 ATtiny24/44/84, ATtiny44, External 20 MHz on COM3
```

Elaboración propia

### 4.3. Programación del sistema de control

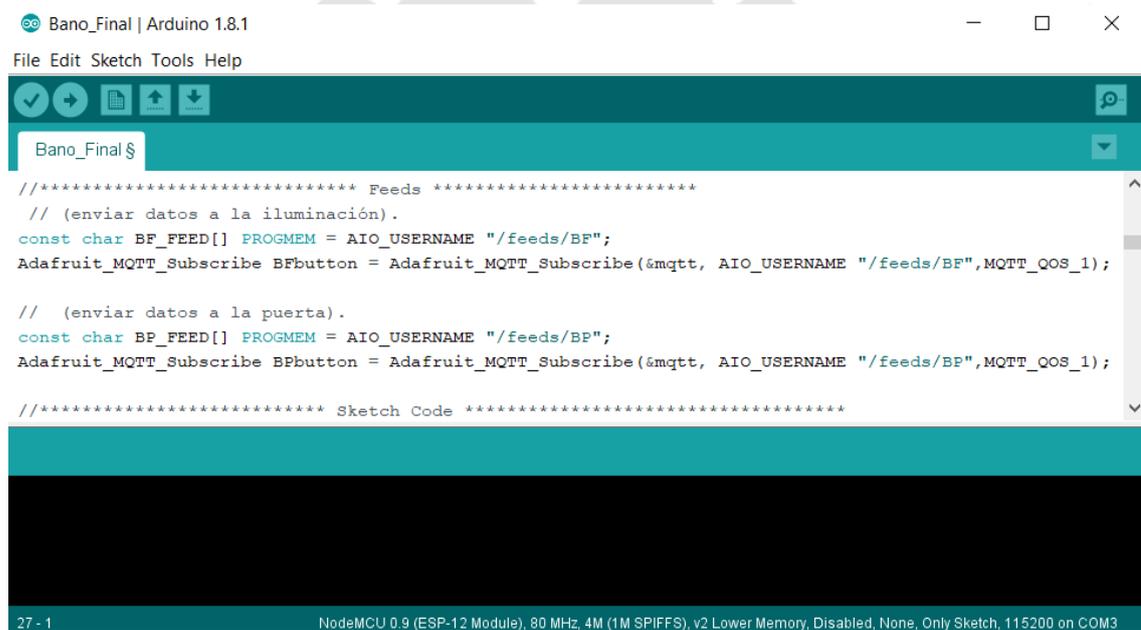
Comprende la programación del controlador en sí. Es el algoritmo que permite comunicarse con los dispositivos periféricos de entrada y salida (sensores y actuadores) y permiten realizar la acción de control según se le asigne.

Para la realización de las tareas de control se usa el ya mencionado NodeMCU, el cual puede ser programado utilizando la IDE de Arduino y con el mismo lenguaje.

El enlace de las variables asignadas a los botones de la interfaz gráfica de control con las salidas del controlador se hace por programación. La siguiente figura muestra el enlace de las variables asignadas para el baño de la vivienda en la IDE del Arduino.

Figura 4.14

Enlace de los feeds con el programa de control Arduino



The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "Bano\_Final | Arduino 1.8.1". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". The toolbar contains icons for saving, running, and uploading. The main text area shows the following code:

```
***** Feeds *****  
// (enviar datos a la iluminación).  
const char BF_FEED[] PROGMEM = AIO_USERNAME "/feeds/BF";  
Adafruit_MQTT_Subscribe BFbutton = Adafruit_MQTT_Subscribe(&mqtt, AIO_USERNAME "/feeds/BF",MQTT_QOS_1);  
  
// (enviar datos a la puerta).  
const char BP_FEED[] PROGMEM = AIO_USERNAME "/feeds/BP";  
Adafruit_MQTT_Subscribe BPbutton = Adafruit_MQTT_Subscribe(&mqtt, AIO_USERNAME "/feeds/BP",MQTT_QOS_1);  
  
***** Sketch Code *****
```

The status bar at the bottom indicates "27 - 1" and "NodeMCU 0.9 (ESP-12 Module), 80 MHz, 4M (1M SPIFFS), v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 on COM3".

Elaboración propia

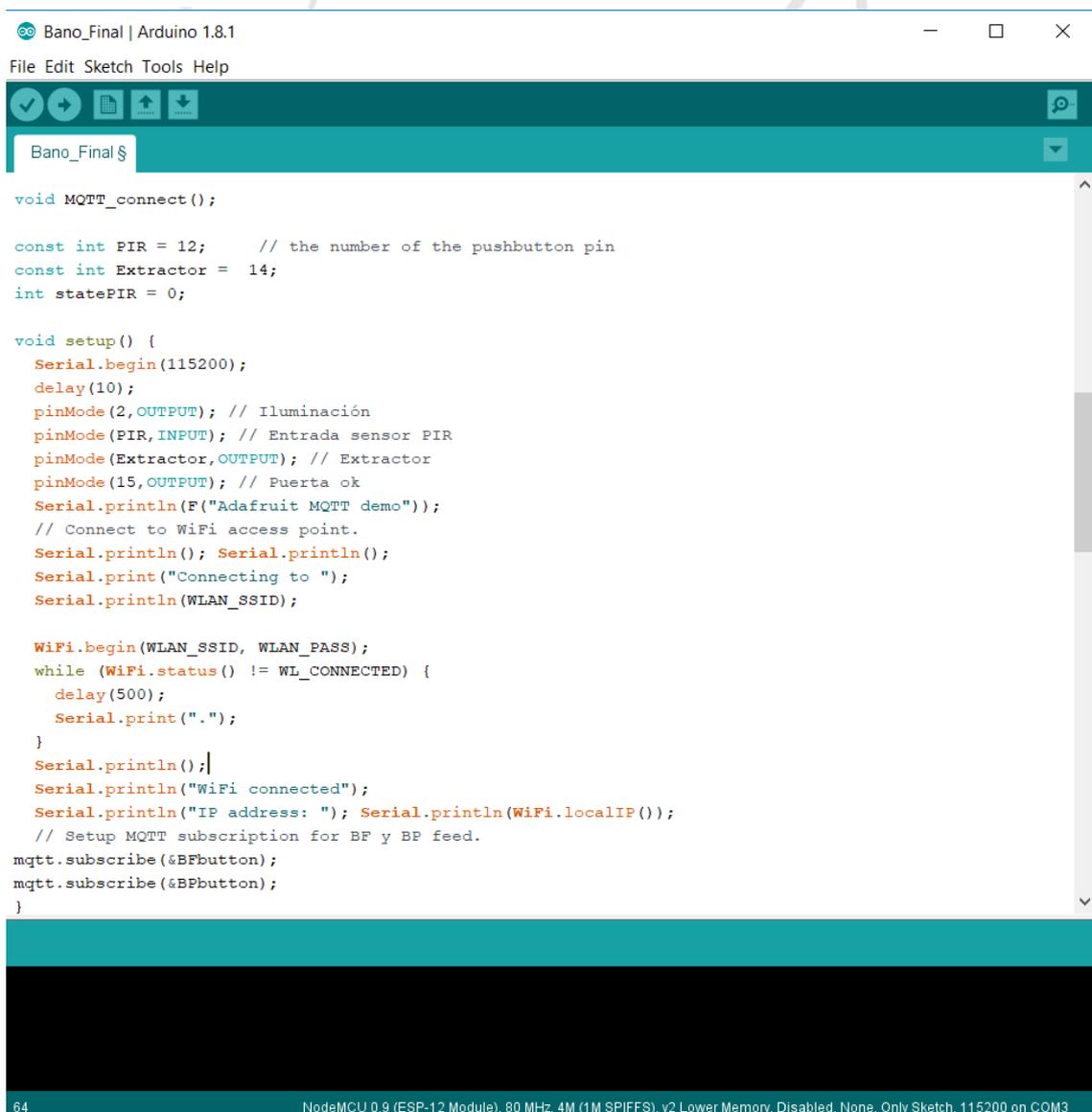
Se muestran las variables BF y BP enlazadas al código de programación de Arduino. Este script asigna las variables a unos pines de salida para el control de los

sensores y actuadores mediante ellos. La comunicación se establece con el protocolo de comunicación MQTT.

Finalmente, se procede a la escritura del código de control, la cual corresponde a la lógica de las acciones que se ejecutarán en la vida real para el control de los dispositivos usando sensores y actuadores. La siguiente serie de figuras muestran la programación del baño de la vivienda en la interfaz de Arduino.

Figura 4.15

### Setup del algoritmo de control del baño de la vivienda



```
Bano_Final | Arduino 1.8.1
File Edit Sketch Tools Help
Bano_Final $
void MQTT_connect();

const int PIR = 12; // the number of the pushbutton pin
const int Extractor = 14;
int statePIR = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);
  pinMode(2,OUTPUT); // Iluminación
  pinMode(PIR,INPUT); // Entrada sensor PIR
  pinMode(Extractor,OUTPUT); // Extractor
  pinMode(15,OUTPUT); // Puerta ok
  Serial.println(F("Adafruit MQTT demo"));
  // Connect to WiFi access point.
  Serial.println(); Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(WLAN_SSID);

  WiFi.begin(WLAN_SSID, WLAN_PASS);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println();
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: "); Serial.println(WiFi.localIP());
  // Setup MQTT subscription for BF y BP feed.
  mqtt.subscribe(&BFbutton);
  mqtt.subscribe(&BPbutton);
}
```

64 NodeMCU 0.9 (ESP-12 Module), 80 MHz, 4M (1M SPIFFS), v2 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 on COM3

Elaboración Propia

Figura 4.16

## Loop de control del baño de la vivienda



```
void loop() {
  statePIR= digitalRead(PIR);

  if (statePIR == HIGH) {
    digitalWrite(Extractor,HIGH);
  } else {
    digitalWrite(Extractor,LOW);
  }
}
MQTT_connect();
Adafruit_MQTT_Subscribe *subscription;
while ((subscription = mqtt.readSubscription(5000)) {

  if (subscription == &BFbutton) {
    if (strcmp((char *)BFbutton.lastread, "ON") == 0) {
      digitalWrite(2, LOW);
    }
    if (strcmp((char *)BFbutton.lastread, "OFF") == 0) {
      digitalWrite(2,HIGH);
    }
  }

  if (subscription == &BPbutton) {
    if (strcmp((char *)BPbutton.lastread, "ON") == 0) {
      digitalWrite(15, LOW);
    }
    if (strcmp((char *)BPbutton.lastread, "OFF") == 0) {
      digitalWrite(15,HIGH);
    }
  }
}
}

if(! mqtt.ping()) {
  mqtt.disconnect();
}

// Function to connect and reconnect as necessary to the MQTT server.
// Should be called in the loop function and it will take care if connecting.
void MQTT_connect() {
  int8_t ret;

  // Stop if already connected.
  // if (mqtt.connected()) {
  //   return;
  // }

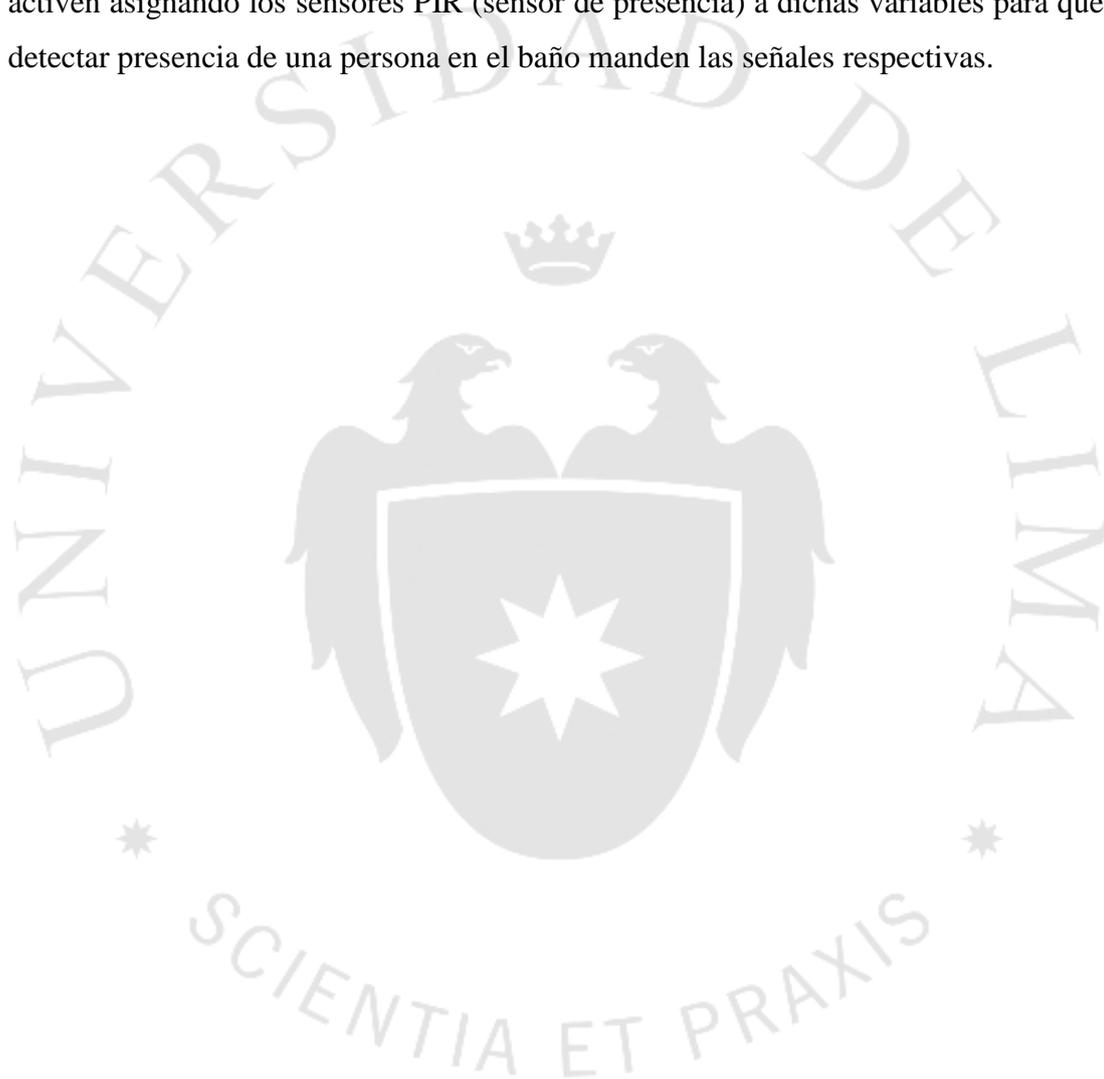
  Serial.print("Connecting to MQTT... ");

  uint8_t retries = 3;
  while ((ret = mqtt.connect()) != 0) { // connect will return 0 for connected
    Serial.println(mqtt.connectErrorString(ret));
    Serial.println("Retrying MQTT connection in 5 seconds...");
    mqtt.disconnect();
    delay(5000); // wait 5 seconds
    retries--;
    if (retries == 0) {
      // basically die and wait for WDT to reset me
      while (1);
    }
  }
  Serial.println("MQTT Connected!");
}
```

Elaboración Propia

El código consiste en el control de la iluminación y la puerta del baño de la vivienda, en el cual se asigna las variables BF y BP respectivamente a los pines digitales 2 y 15 respectivamente que corresponden a los actuadores de iluminación y la puerta.

La lógica está establecida para que la persona pueda controlar los dos componentes desde los botones en la interfaz de su dispositivo móvil, ó, que estos se activen asignando los sensores PIR (sensor de presencia) a dichas variables para que, al detectar presencia de una persona en el baño manden las señales respectivas.



## CAPÍTULO V. COMUNICACIÓN

La comunicación comprende la red de datos entre todos los dispositivos del sistema, la interconexión de los nodos y la forma en la que viajan las señales.

### 5.1. Formas de comunicación

La forma de comunicación se refiere a la forma física en la que los dispositivos domóticos, sean sensores, actuadores, controladores o servidores, transmiten datos entre ellos para la interpretación de los mismos en la realización de las tareas de control.

Tradicionalmente solo existía la comunicación mediante cables e hilos de transmisión de datos a través de señales eléctricas. Sin embargo la evolución de las telecomunicaciones permitió la transferencia de datos sin cables físicos de conexión entre dispositivos.

#### 5.1.1. Comunicación cableada

La comunicación cableada es la forma de comunicación que se lleva a cabo cuando existe conexión física entre dispositivos mediante cables o hilos de transmisión que pueden ser de varios tipos dependiendo de su capacidad para transportar información, y la resistencia que oponen las interferencias:

**Cable de pares:** UTP, STP ó FTP según la recubierta de sus pares (Unshielded / Shielded / Foiled twisted pair). Su estructura consiste en cuatro pares de hilos de cobre entrelazados entre sí, de tal manera que el campo magnético generado por cada hilo se cancela con su par, lo que protege de interferencias exteriores. Es el cable que se usa comúnmente en la telefonía fija.

**Cable coaxial:** Los cables de pares presentan varios inconvenientes: las señales se atenúan mucho con la distancia y es posible que se produzcan interferencias con otros cables. Para solucionar estos problemas, la comunicación entre centrales se realiza mediante cables coaxiales. Están formados por un núcleo sólido o trenzado de cobre

separado por un aislante, y una malla metálica que inhibe interferencias. Son usados comúnmente en la televisión por cable o en la conexión a internet.

**Fibra óptica:** Es el medio de transmisión de datos alámbrica más avanzado hasta el momento. Muy superior a los de cable de cobre. Las señales eléctricas se convierten en señales de luz que son transmitidas a través de un hilo de vidrio hasta un receptor donde nuevamente, son convertidas en señales eléctricas. Permite el envío de información a mayor distancia y sin problemas de interferencia.

### 5.1.2. Comunicación inalámbrica

La comunicación inalámbrica es aquella forma de comunicación que se realiza mediante ondas electromagnéticas de baja frecuencia. Estas ondas son transportadas por el aire a una frecuencia determinada y pueden ocupar distancias muy amplias.

A diferencia de la comunicación cableada, estas señales son transportadas sin necesidad de un medio físico (como un cable) que las sustente. Las señales pueden ser de distinta naturaleza según la frecuencia en la que opere.

La comunicación inalámbrica generalmente es más lenta que la cableada. Mientras que la comunicación por cable transfiere datos a 1 Gbps (Gigabit por segundo), la inalámbrica transmite a 108 Mbps (Megabits por segundo)<sup>15</sup>.

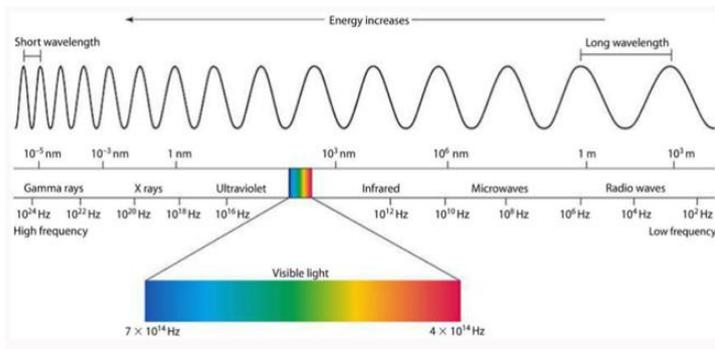
La transmisión y recepción de señales depende fuertemente en el ancho de onda del espectro electromagnético:

---

<sup>15</sup>Georgia Southern University. 2014

Figura 5.1

## Espectro del campo electromagnético



Fuente: Imagine Science, (2011)

Las ondas más utilizadas para la comunicación inalámbrica se encuentran en el espectro de ondas infrarrojas, microondas y ondas de radio:

Las ondas infrarrojas son utilizadas para emisión y recepción de pequeños pulsos que sirven para controlar una acción a la vez; es utilizado principalmente en el control remoto de los televisores o radios.

Las microondas y ondas de radio comprenden toda la gama de comunicación de datos a grandes distancias como la telefonía celular, wifi o el bluetooth. Casi todos estos tipos de comunicación a distancia operan a 2,4 GHz de frecuencia, que corresponde una longitud de onda de 12,5 cm. Las transmisiones en esta banda están formadas por ondas con una longitud de cresta a cresta de 12,5cm que vibran a razón de 2,4 millones de veces cada segundo (de ahí los 2,4GHz). La amplitud de estas ondas es variable y depende de la intensidad con la que seamos capaces de transmitir la señal, es decir, de la energía que seamos capaces de utilizar para modularla

El wifi es un tipo de comunicación inalámbrica muy usada en la vivienda para la conexión de dispositivos entre sí. Se puede establecer una red de dispositivos manejados con IPs distintas con un gestor de IP como lo es un router o Access Point. Es más rápida y segura que el bluetooth, sin embargo, requiere de un mayor consumo de energía.

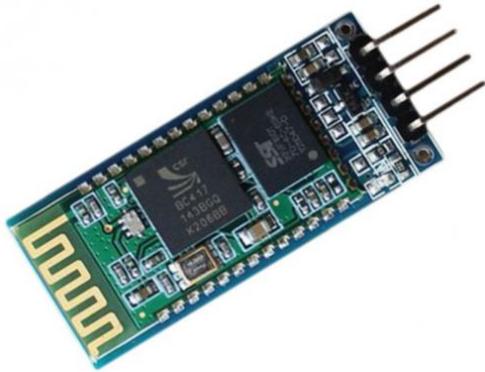
El Bluetooth es un tipo de comunicación inalámbrica muy usado para la transferencia de datos muy pequeños por corto tiempo entre pares, es decir, no se puede

establecer una “red de dispositivos”. El consumo de energía es mucho menor que el wifi.

Existen módulos de extensión para las tarjetas de desarrollo como el Arduino que permiten la comunicación vía bluetooth con dispositivos periféricos, por ejemplo el HC-05 ó HC-06.

Figura 5.2

Módulo Bluetooth HC-06



Fuente: DFRobot, (2014)

A continuación, se muestra un cuadro comparativo con las características principales de la comunicación wifi y la comunicación bluetooth.

Figura 5.3: Cuadro comparativo entre Bluetooth y Wifi

	Bluetooth	WiFi
Frecuencia	2.4 GHz	2.4 / 3.6 / 5 GHz
Ancho de banda	24 Mbps	1 Gbps
Seguridad	Baja	Moderada
Rango	hasta 30 metros	hasta 300 metros
Consumo	Reducido	Elevado

Fuente: adslzone, (2013)

El sistema domótico propuesto en el presente trabajo de investigación utilizará el wifi como modo de comunicación, debido a que se trata de un sistema distribuido, regido por nodos de control independiente unida a un gestor o servidor; el wifi permite la formación de “redes de dispositivos”, tal como el sistema se plantea. Para llevar a

cabo esta forma de comunicación se utiliza el NodeMCU, tarjeta de desarrollo específicamente diseñada para ser comunicada con otros dispositivos mediante wifi.

## 5.2. Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación se refieren al conjunto de reglas y normas que se establecen para determinar un estándar de forma y canales de comunicación con el que se regirá una determinada red.

En la domótica, estos protocolos se denominan protocolos cerrados, que son protocolos específicos de los fabricantes. Sólo el fabricante puede realizar mejoras. A medida que las tecnologías con protocolo cerrado se desarrollan, éstas adquieren posicionamiento en el mercado, sin embargo, se corre el riesgo como consumidor en cuanto a confiabilidad de su sistema, es decir, el sistema depende en gran medida de la vida de la empresa y de la política que siga. Si la empresa desaparece, el sistema desaparece y las instalaciones se quedan sin soporte.

Los protocolos estándar o abiertos son protocolos definidos entre varias compañías con el fin de unificar criterios y aumentar la compatibilidad entre los dispositivos de los mismos fabricantes. Son de naturaleza abierta (al igual que el Open Source), es decir, que no existen patentes sobre el protocolo de manera que cualquier fabricante puede desarrollar aplicaciones y productos que lleven implícito el protocolo de comunicación.

Los protocolos abiertos más extendidos en domótica son KNX y Lonworks:

**KNX:** Es un protocolo estándar de comunicación de red para domótica, resultado de la unificación de protocolos previos estandarizados en Europa (EIB, EHS y Batbus)<sup>16</sup>. El estándar KNX es gestionado por la Asociación KNX, el cual decidió en 2016 dejar la tarifa de ingreso para el uso de dicho estándar y ofrecer el protocolo sin cargo alguno siempre y cuando se cuente con una cuenta registrada en su web.

---

<sup>16</sup> KNX association.2016

**LONWorks:** Se basa en la configuración LON (Local Operating Network), proveniente del tradicional Local Area Network o LAN. En este protocolo prima la correcta transmisión de los datos. Es gestionado por LONmark en Europa<sup>17</sup>.

Sin embargo, el hecho de utilizar tarjetas de código abierto permite mucha más versatilidad a la hora de optar por un protocolo de comunicación determinado, pues estos pueden ser comunicados de muchas maneras. La compatibilidad entre dispositivos ya está integrada en su sistema, por lo que el hecho de regirnos por un protocolo abierto como los mencionados no aportaría valor al sistema propuesto.

La comunicación por wifi será la estándar que se utilizará en el sistema domótico del presente trabajo de investigación. Toda vivienda que cuente con acceso a internet y un router o módem podrá implementar el sistema.



---

<sup>17</sup>Calafat, 2005

## CAPÍTULO VI. IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se pone en práctica todos los conceptos descritos en capítulos anteriores. Se presenta el sistema como un todo y se verá las implicaciones que se tiene al implementar el sistema en un proyecto en una vivienda multifamiliar. Finalmente se observará el correcto funcionamiento de cada parte del sistema mediante la elaboración de una maqueta utilizando la tecnología de fabricación digital que el Centro de Innovación Tecnológica de la Universidad de Lima dispone.

### 6.1. Ejemplo de implementación de un sistema domótico.

Se plantea la integración del sistema domótico propuesto en la vida real mediante la realización de una maqueta de una vivienda multifamiliar. Para ello, se tiene que tomar en cuenta cada una de las partes del sistema como unidades de control y definir los modos y acciones de control posibles para la verificación del funcionamiento y factibilidad del sistema.

El cliente, sea dueño o no de la vivienda, es el encargado de definir sus requerimientos en cuanto a control y componentes que desea. En este ejemplo se decidirá implementar las formas de control posibles para una maqueta de 1,5 m x 1,5 m de área; teniendo en cuenta el tamaño, la capacidad y potencia de alimentación posibles para un proyecto a esta escala; asegurando cubrir la mayor cantidad de modalidades de control.

Se buscará cubrir los 4 pilares de la domótica mediante los sensores y actuadores disponibles en el mercado local.

Los modos de control, así como la lista de componentes involucrados en cada tarea se detallan en la tabla 6.1. Clasificándolos por habitaciones o espacios de la vivienda:

Figura 6.1

Modos de control del ejemplo propuesto para la integración del sistema

Espacio	Control	Sensor	Mando de potencia	Actuador	Beneficio
Cocina	Sistema contra incendio	Sensor de Llama KY-026	Electrovalvula	Rociador / alarma	Protección contra incendio
	Sistema contra fuga de gas	Sensor de Gas MQ4	Dimmer	Extractor / alarma	Protección contra accidentes causados por fuga de gas
	Sistema de encendido de luz	Sensor PIR HC-SR501	Relé de estado sólido	Foco	Encendido automático de luz
	Sistema de encendido de luz	Sensor PIR HC-SR501	Relé de estado sólido	Foco	Encendido automático de luz
	Sistema de aire acondicionado	Botón en la interfaz / sensor de temperatura	Dimmer	Ventilador	Control de la temperatura ambiente con una consigna
Sala principal	Sistema de seguridad contra intrusión	Teclado Matricial	-	Pantalla LCD	Seguridad en el ingreso de la vivienda
	Sistema de entretenimiento	Botón en la interfaz	Relé de estado sólido	Tv - Led	Control remoto de entretenimiento desde la interfaz
Baño	Sistema de encendido de luz	Sensor PIR HC-SR501	Relé de estado sólido	Foco	Encendido automático de luz
	Sistema contra olores	Sensor PIR HC-SR501	Dimmer	Extractor (Ventilador)	Automatización del sistema de ventilación
Habitación	Sistema de encendido de luz	Sensor PIR HC-SR501	Relé de estado sólido	Foco	Encendido automático de luz
	Sistema de aire acondicionado	Sensor de Temperatura LM35	Dimmer	Ventilador	Control de la temperatura ambiente con una consigna
	Sistema de entretenimiento	Botón en la interfaz	Relé de estado sólido	Tv - Led	Control remoto de entretenimiento desde la interfaz
Garaje	Sistema de encendido de luz	Sensor PIR HC-SR501	Relé de estado sólido	Foco	Encendido automático de luz
	Apertura y cierre de la puerta levadiza	Botón en la interfaz / comando por voz	Contactora	Motor DC	Apertura y cierre de puerta de garaje mediante la interfaz
Jardín	Apertura y cierre de la puerta levadiza	Modulo TCRT5000	Contactora	Motor DC	Sistema de seguridad con detector de presencia
	Sistema de riego	Interfaz gráfica / temporizador	Electrovalvula / bomba	Rociador	Control remoto y sistema de riego independiente
	Sistema de iluminación	Botón en la interfaz	Relé de estado sólido	Luces Led	Control del encendido de luz

Elaboración propia

Una vez se determina todas las acciones de control deseada en el sistema se procede a la implementación del sistema en la vivienda. Con esta información se puede empezar la programación de control, comunicación e interfaz; se puede analizar los planos de la vivienda y realizar las instalaciones de los dispositivos necesarios.

## **6.2. Cronograma de implementación**

Para implementar el sistema a una vivienda real se tiene que tomar en cuenta varias consideraciones: La instalación de los dispositivos requiere de trabajo técnico y manipulación de los sistemas eléctricos y sanitarios de la vivienda, por lo cual, estos sistemas permanecerán en reposo mientras se desarrolla esta fase.

Es oportuno tener en cuenta que todo trabajo de construcción o remodelación de los sistemas de la vivienda debe ir acorde con el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Principalmente el título II, cláusula II.4: Obras de Suministros de Energía y Comunicaciones. Y el Título III, cláusula III.3: Instalaciones Sanitarias, que reglamenten todos los aspectos que este tipo de trabajos debe obedecer (Reglamento Nacional de Edificaciones – 2006)<sup>18</sup>.

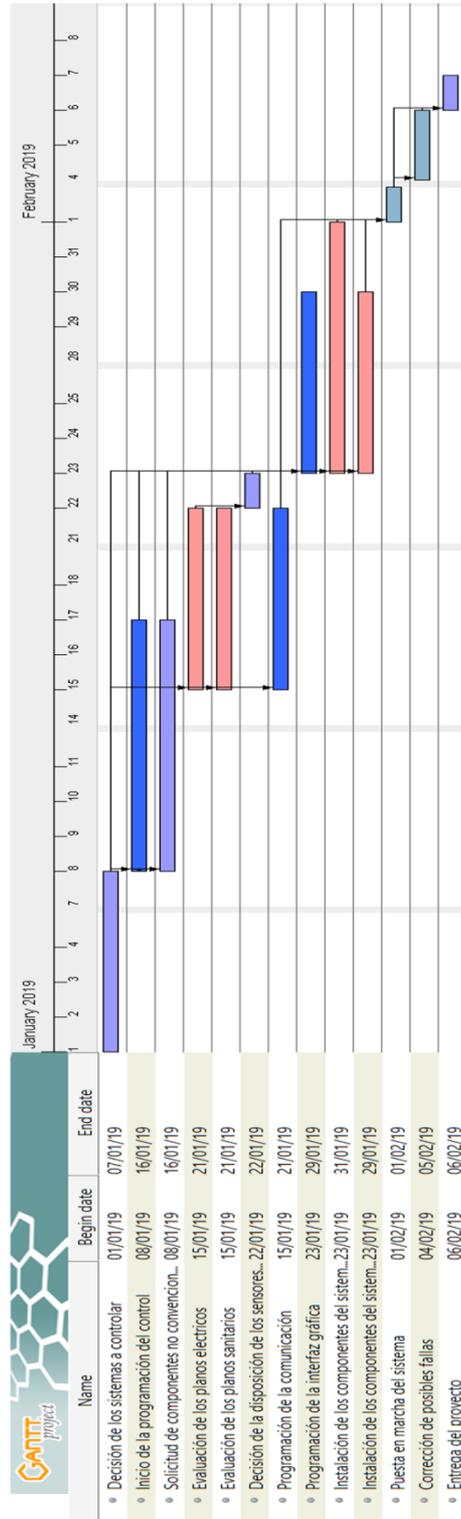
Se tomará como referencia el año 2019, asumiendo que el primero de enero se da inicio a las actividades de implementación del proyecto.

---

<sup>18</sup>Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006

Figura 6.2

Diagrama de Gantt para la implementación del sistema



Elaboración propia

El color de cada barra se refiere al personal que será encargada de ejecutar cada una de las tareas señaladas. Las características y habilidades del personal serán detalladas en el siguiente capítulo.

Las tareas relacionadas con la programación dependen principalmente en la lista de componentes y acciones de control que decida el cliente con excepción de la interfaz gráfica, que requiere el enlace ya establecido entre las programaciones previas. Las tareas de instalación requieren un análisis previo de los planos eléctricos, sanitarios y mecánicos de la vivienda.

La puesta en marcha requiere que los componentes estén en su lugar y que hayan sido vinculados con toda la programación del sistema. Finalmente es necesario un período de evaluación del funcionamiento de los componentes por si se requiere tarea de mantenimiento o reemplazo.

### **6.3. Integración del sistema**

A continuación se detalla el funcionamiento integral del sistema, las conexiones entre dispositivos:

El sistema empieza con la comunicación entre el bróker y la pieza de hardware que viene a ser el servidor local mediante el protocolo MQTT; en este caso nos referimos a Adafruit, que actúa como bróker y el Raspberry pi3 como servidor local. La comunicación se establece mediante una interfaz gráfica por web generada por el mismo Adafruit. La forma de comunicación entre estos dispositivos es LAN.

Una vez establecida la conexión entre los servidores locales y remotos, se procede a comunicar el servidor local (Raspberry pi3) con cada uno de los nodos de control de la vivienda (NodeMCU). Esta comunicación se realiza utilizando dos lenguajes de programación: Python para el Raspberry pi con el firmware de Jessie; y Arduino para el NodeMCU. Se pueden asignar una IP distinta a cada nodo, de forma que el Raspberry funciona como gestor de IP mediante Wifi. Este protocolo es ideal para la comunicación de los nodos debido a la naturaleza de la tarjeta.

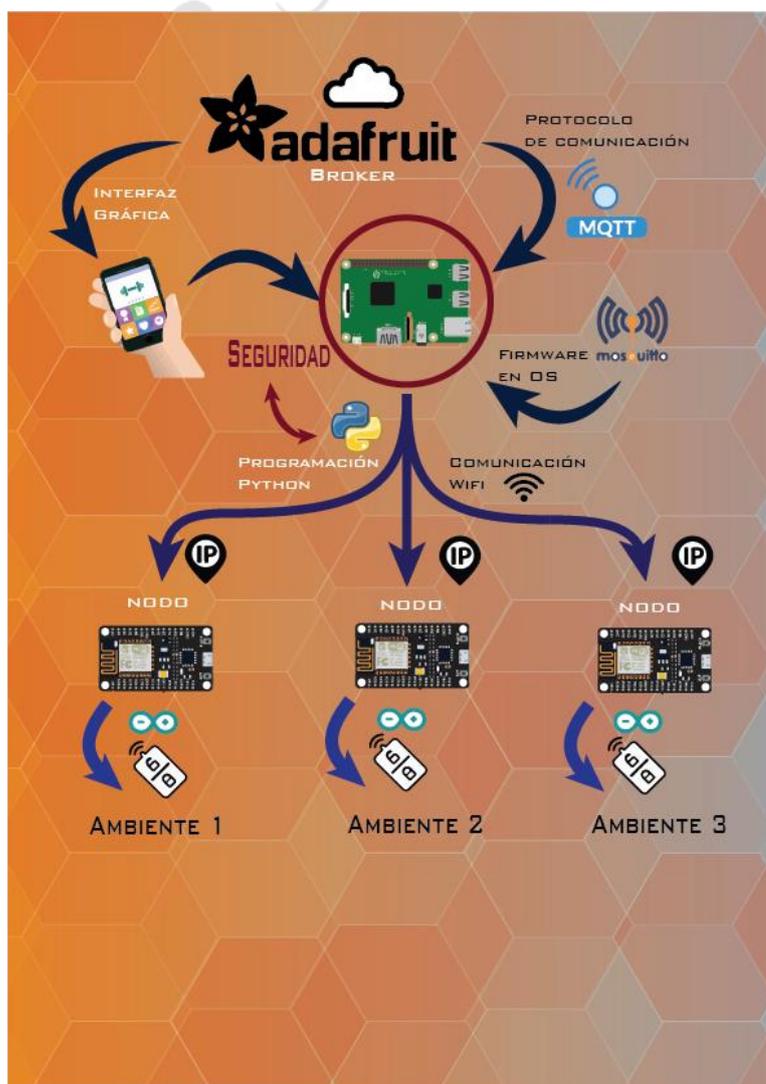
Finalmente, cada controlador o nodo de control ejecuta el algoritmo que se encarga del control de los dispositivos. La comunicación va por cables de señal a los

pines de entrada y salida del NodeMCU dependiendo si es un sensor o un actuador. El control se realiza mediante programación en lenguaje Arduino.

El siguiente esquema muestra de forma visual la integración de cada uno de los componentes del sistema, el tipo de conexión que existe entre los mismos y el software que soporta cada plataforma.

Figura 6.3

Esquema de la integración del sistema domótico propuesto



Elaboración propia

#### **6.4. Desarrollo de la maqueta de la vivienda**

Se propone la elaboración de la maqueta de una vivienda domótica para verificar la fiabilidad del sistema de control propuesto.

Para ello se hizo uso de la tecnología de fabricación digital Recuperado de el Centro de Innovación Tecnológica de la Universidad de Lima. Se hizo uso tanto del software de diseño 3D como las maquinarias de corte e impresión 3D.

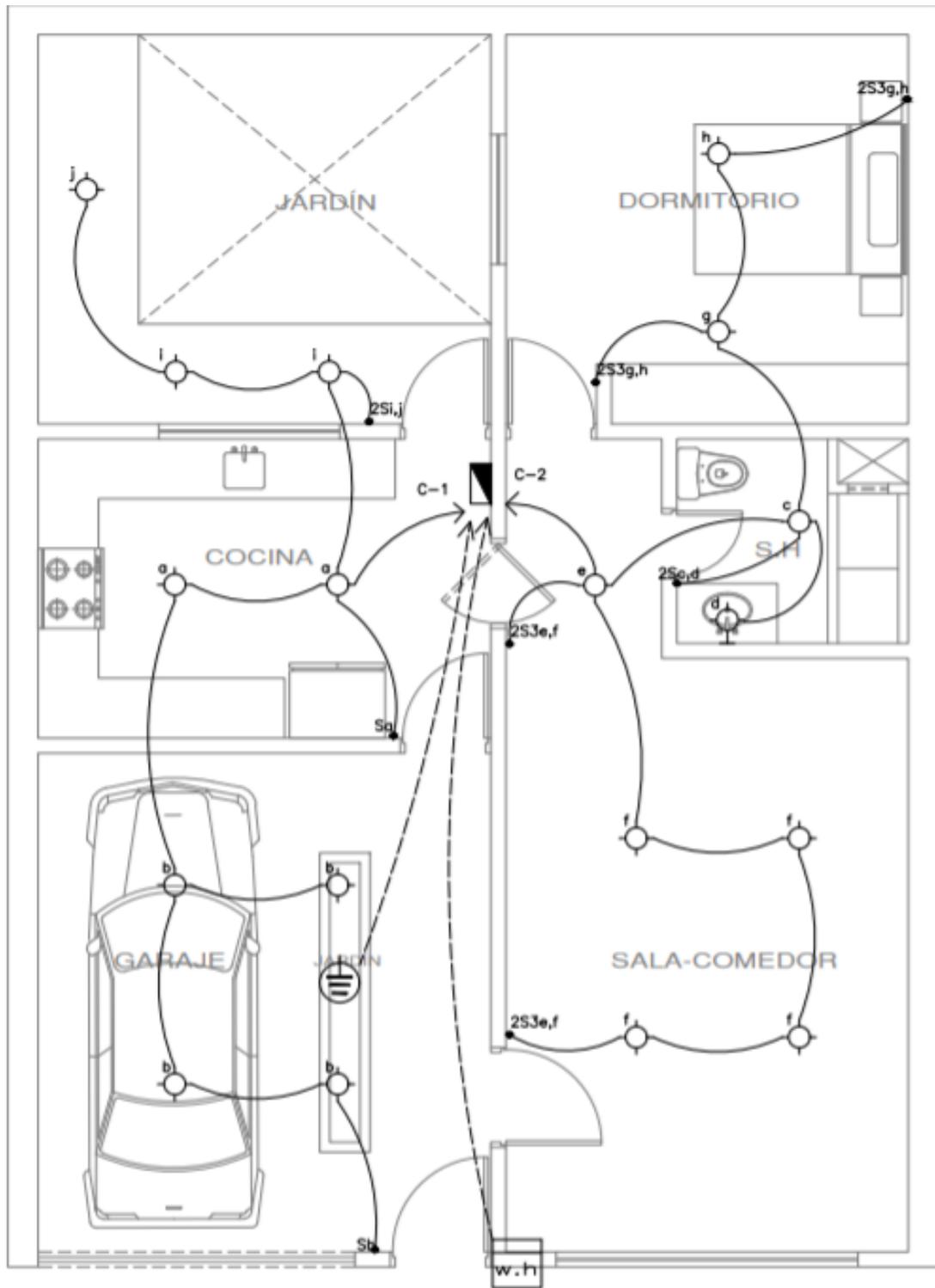
Se hizo uso de AutoCAD para la elaboración de los planos, SolidWorks para el piezado 3D de las partes de la vivienda y Sketchup para la vista en 3D de la vivienda.

Como se determinó en capítulos previos, los planos que intervienen en la implementación de un sistema domótico son los planos eléctricos y sanitarios. A continuación se muestran los planos para la maqueta de la vivienda.



Plano 6.1

Alumbrado

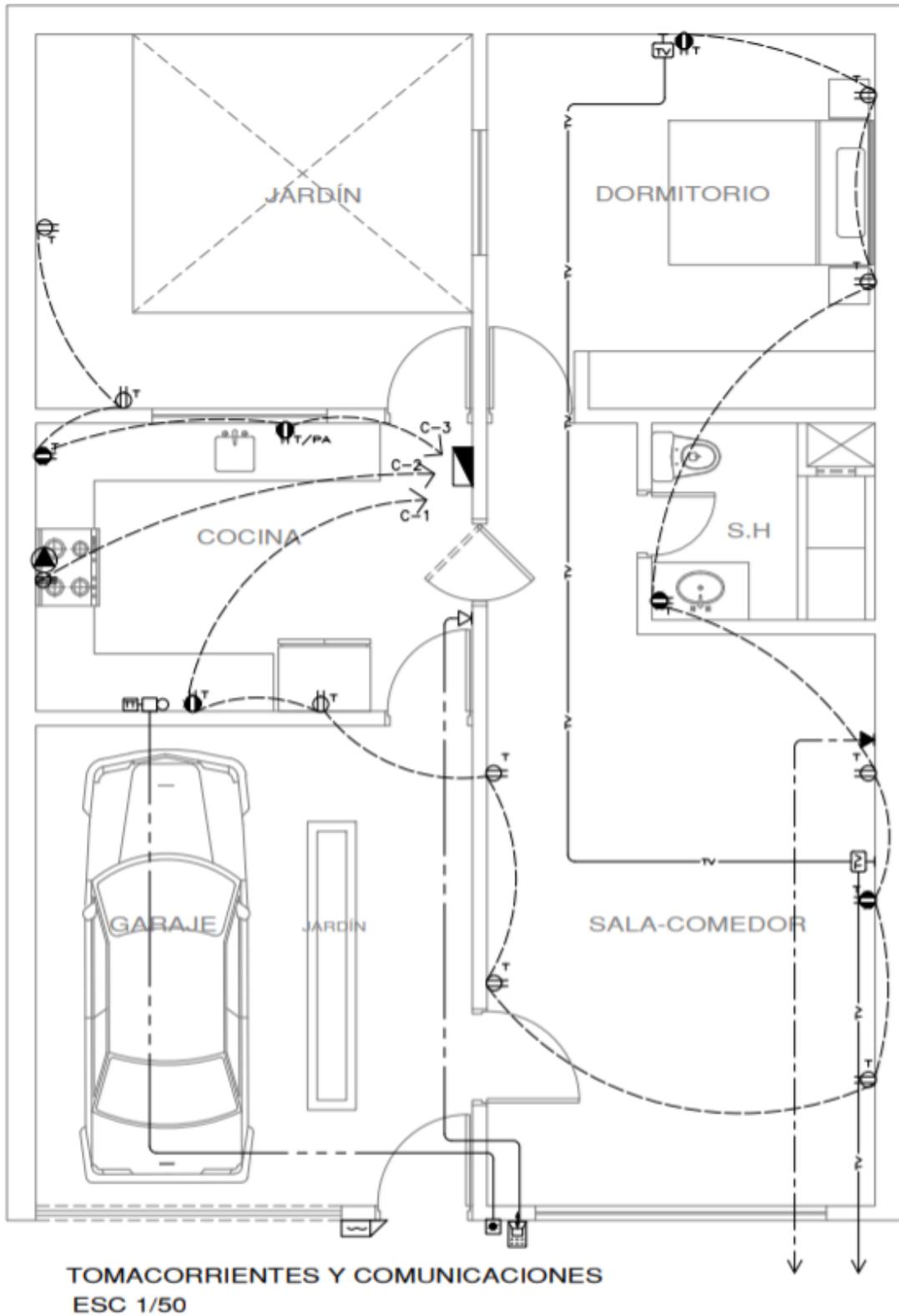


ALUMBRADO  
ESC 1/50

Elaboración propia

Plano 6.2

Tomacorriente y Comunicaciones



Elaboración propia

Figura 6.4

Leyenda

### LEYENDA

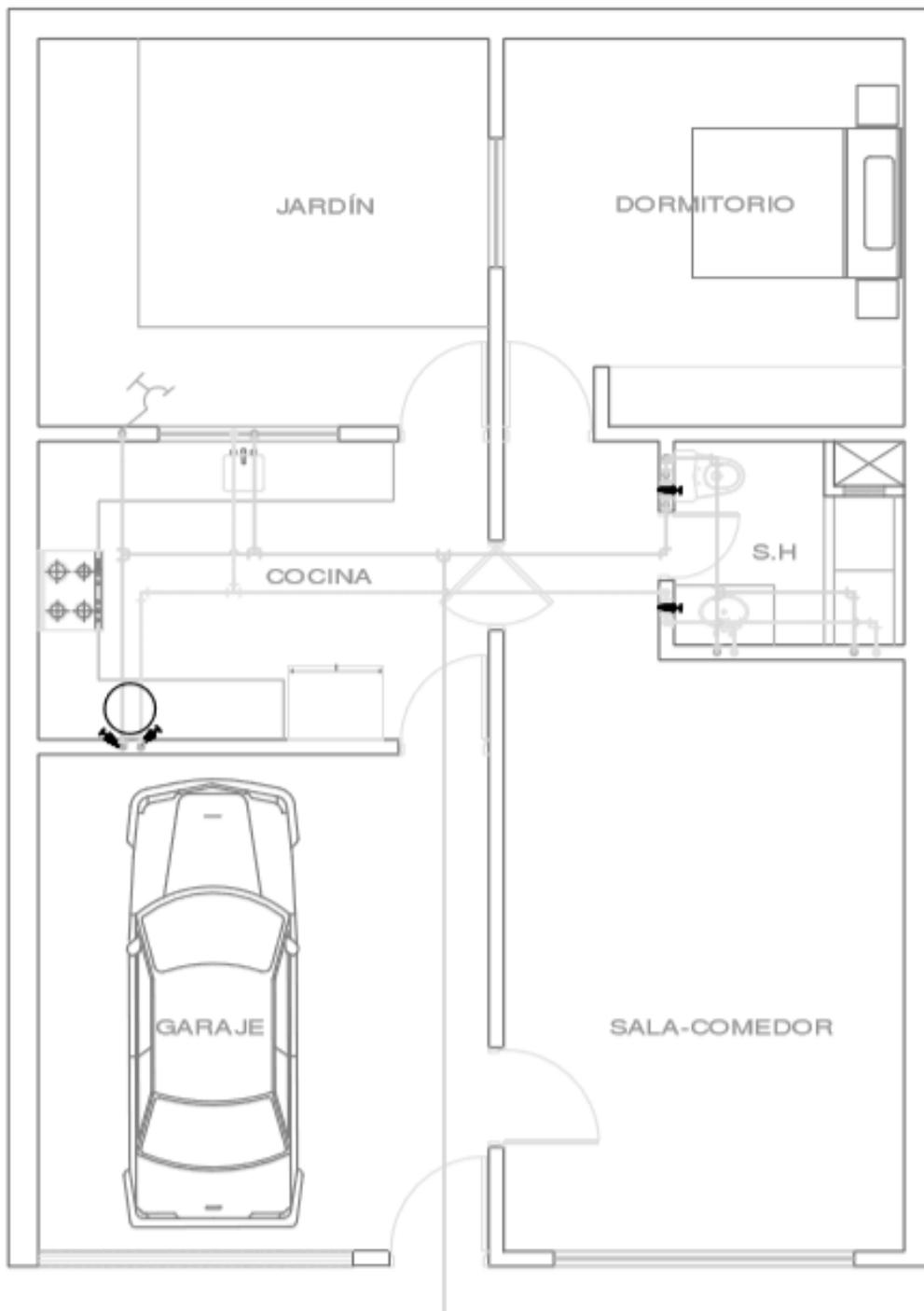
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CAJA DE INSTAL.	ALT. SNPT. A LA PARTE INFERIOR (m)
	MEDIDOR DE ENERGÍA	ESPECIAL	0.60
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	ESPECIAL	1.80 BORDE SUPERIOR
	PUNTO DE LUZ ADOSADO EN TECHO	OCT. 100 x 50	2.20 PARED
	PUNTO DE LUZ ADOSADO EN PARED	OCT. 100 x 50	2.20 PARED
	POZO A TIERRA		-
	SALIDA PARA PUERTA LEVADIZA	OCT. 100 x 50	2.20 PARED
	SALIDA DE FUERZA		0.40
	TOMACORRIENTE SIMPLE, CON PUESTA A TIERRA Y A PRUEBA DE AGUA RESPECTIVAMENTE	RECT. 100 x 55 x 90	0.40
	TOMACORRIENTE SIMPLE ALTO CON PUESTA A TIERRA	"	1.20
	TOMACORRIENTE SIMPLE ALTO CON PUESTA A TIERRA PARA LAVADORA Y SECADORA	"	1.20
	TOMACORRIENTE DE EMERGENCIA	"	1.20
	INTERRUPTOR UNIPOLAR, BIPOLAR Y TRIPOLAR.	"	1.20
	INTERRUPTOR DE CONMUTACION	"	1.20
	SALIDA PARA TELEFONO E INTERCOMUNICADOR RESPECT.	"	0.40
	SALIDA PARA PULSADOR DE TIMBRE	"	1.40
	SALIDA PARA TRANSFORMADOR DE 220/12V. Y CAMPANILLA.	"	2.20
	CAJA DE PASE CUADRADA	INDICADA	0.40
	SALIDA PARA TELEVISION POR CABLE	CUAD. 100 x 50	0.40
	INTERCOMUNICADOR DE PORTERO Y TELEVISIÓN	"	0.40
	CERRADURA ELECTRICA	SEGUN FABRICA	0.40
	TUBERIA EMPOTRADA EN TECHO ó PARED DE 20 mm. Ø PVC-L, CON 2-1x2.5 mm.2 TW.		
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO DE 20 mm. Ø PVC-L, CON 2x4 mm.2 TW.+1x4 mm.2 TW.		
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO,PARED ó TECHO PARA TELEFONO DE 20 mm. Ø PVC-P		
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO ó TECHO PARA INTERCOMUNICADOR DE 20 mm. Ø PVC-P		
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO ó TECHO PARA TIMBRE DE 15 mm.Ø PVC-L, CON 2-1x2.5 mm.2 TW.		
	TUBERIA EMPOTRADA EN PISO ó TECHO PARA TV. POR CABLE DE 25 mm. Ø PVC-P		

Elaboración propia

Plano 6.3

Agua

## AGUA FRIA + CALIENTE

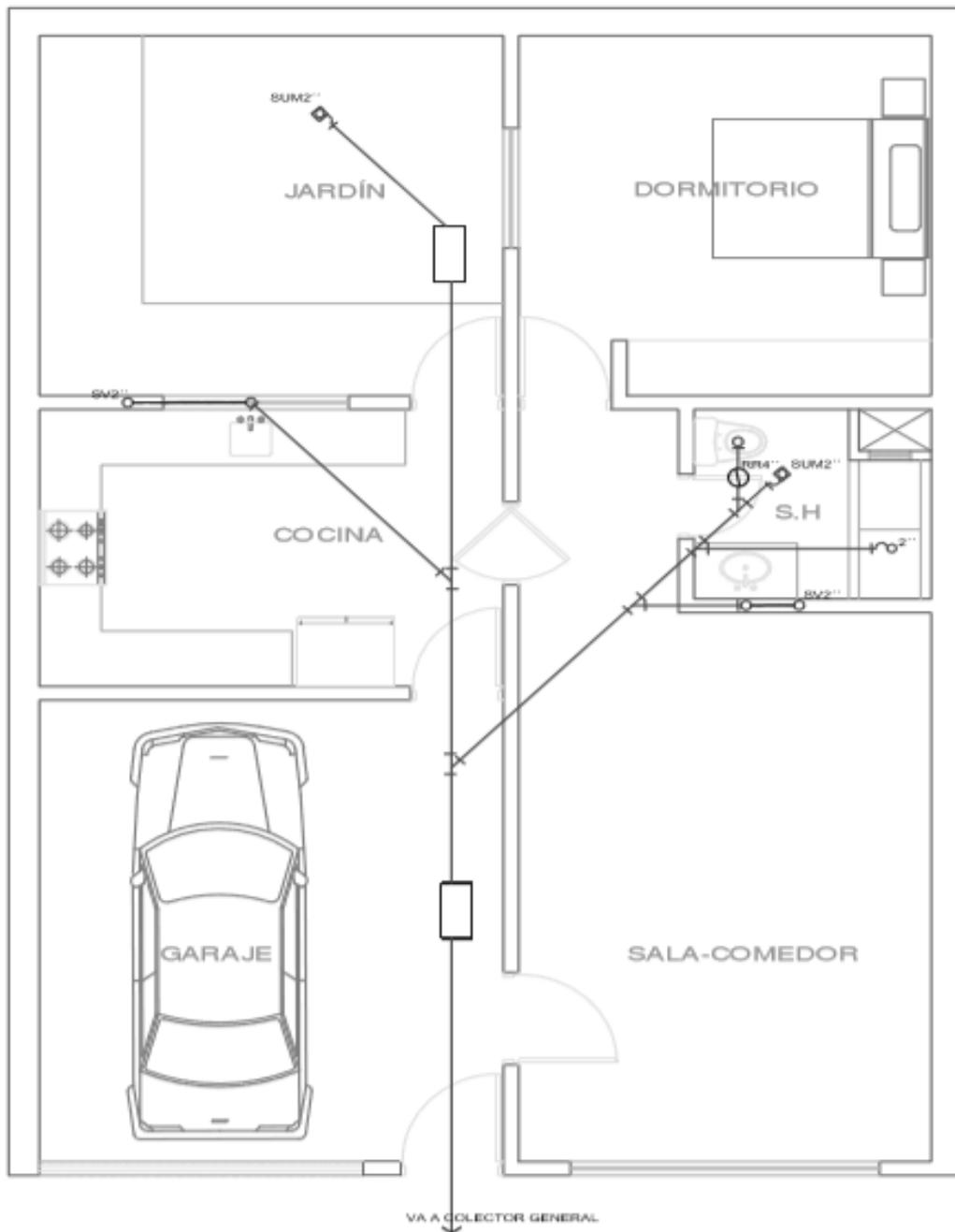


Elaboración propia

Plano 6.4

Desagüe

## DESAGUE



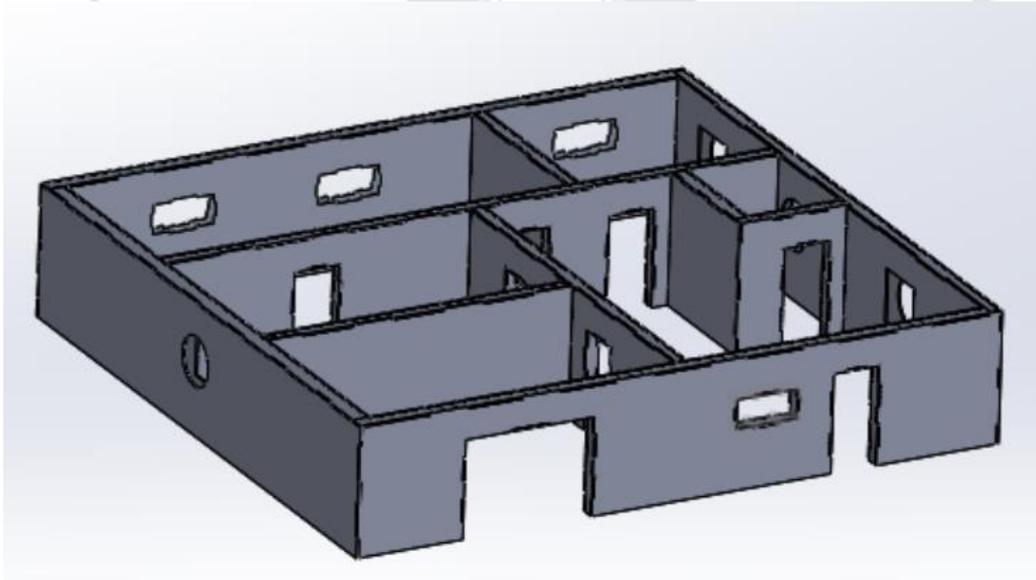
Elaboración propia

Se ha diseñado una maqueta modelo tomando como referencia la disposición de la vivienda de área rectangular de 13 m x 8 m (largo – ancho). La maqueta modelo será de área cuadrada por razones prácticas y facilidades del cableado físico y visualización. Para esto se utilizó el software SolidWorks, que permite diseñar piezas en 3D con visualización en tiempo real y renderizado. Se diseñó la estructura externa a de la vivienda, pieza por pieza, para ser finalmente cortada en la cortadora láser CNC.

Se utilizó MDF (mid density fiber) por su resistencia y facilidad de corte. Finalmente, se procede al ensamble de las piezas hasta tener la estructura final de la maqueta, a la cual se adicionarán los sensores, actuadores y controladores para la demostración del sistema en tiempo real.

Figura 6.5

Modelo 3D del ensamble de las piezas de la maqueta en SolidWorks



Elaboración propia

## **CAPÍTULO VII. ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN**

Este capítulo detalla el requerimiento de personal calificado para realizar cada tarea debida en la instalación, programación y venta del sistema. Se detallará la ficha técnica con el perfil del personal técnico y administrativo y se realizará un organigrama estructural de las partes involucradas en la implementación

### **7.1. Organización empresarial**

El sistema está diseñado para que cualquier empresa, organización o cualquier persona natural que busque poner en práctica la implementación del sistema, con fin de recibir retribución por el trabajo de administrativo y de implementación.

Asimismo, el estado puede ser el ente que ponga en práctica el trabajo con fines sociales, pues el sistema beneficiaría considerablemente a la población de personas con discapacidad tal y como se demostró en el capítulo 2.

El sistema domótico propuesto es apto para el trámite para la obtención de una patente de invención (INDECOPI) si el sistema se condensa en un módulo físico que contenga los sensores y los controladores como extensión del producto. Sin embargo, dentro de las reivindicaciones de dicha patente no se puede incluir el código, ya que es trabajo creativo, y la forma de protección adecuada es la de derechos de autor; ni las plataformas de desarrollo ya que son de naturaleza de código abierto. Es un sistema que beneficia a la sociedad y puede ser completamente comercializable por cualquier persona u organización<sup>19</sup>, lo que es requisito para poder realizar el trámite de patentes según INDECOPI. El formato de solicitud de patentes puede ser solicitado vía web o en la central de INDECOPI y se colocará en los anexos.

---

<sup>19</sup> Instituto Nacional de Defensa de la Competencia de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), 2017

## 7.2. Requerimientos del personal directivo, administrativo y de soporte interno del servicio

A continuación se describirá el personal necesario para la implementación del sistema domótico, los conocimientos necesarios y el perfil especializado para cada tarea:

**Gerente General:** Es el encargado de tomar las decisiones necesarias para la correcta ejecución del sistema. Asimismo determina el presupuesto general de los proyectos y está en contacto con los clientes para ofrecer y establecer limitaciones en cuanto al sistema. Debe poseer conocimientos de domótica, gestión de recursos, y gestión de proyectos.

Figura 7.1

### Funciones del gerente general

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MISIÓN, FUNCIONES Y COORDINACIONES	
<b>I. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO</b>	
Nombre del puesto:	<b>Gerente General</b>
Dependencia Jerárquica:	-
Puestos que supervisa:	Jefe de proyecto
<b>II. MISIÓN DEL PUESTO</b>	
Planificar los objetivos generales y específicos de la empresa a corto y largo plazo. Organizar la estructura de la empresa actual y a futuro. Dirigir la empresa, tomar decisiones, supervisar	
<b>III. FUNCIONES</b>	
N°	FUNCIONES DEL PUESTO
1	Tomar decisiones en cuanto a los objetivos a corto y largo plazo
2	Evaluar indicadores y tomar decisiones para la mejora de estos
3	Gestionar el presupuesto general del proyecto
4	Delegar funciones y tareas al personal directivo

Elaboración propia

**Jefe de proyecto:** Es el encargado de delegar funciones específicas al personal técnico; asimismo gestiona los recursos de cada proyecto específico; evaluar costos, realizar las compras y del planeamiento de recursos para su oportuna disponibilidad. Debe poseer conocimientos de domótica, gestión de recursos.

Figura 7.2

### Funciones del jefe de proyecto

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MISIÓN, FUNCIONES Y COORDINACIONES**

**I. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO**

Nombre del puesto: Jefe de proyecto  
 Dependencia Jerárquica: Gerente general  
 Puestos que supervisa: Supervisor de obra

**II. MISIÓN DEL PUESTO**

Planificar, ejecutar y monitorizar las acciones que forman parte de los procesos para la adecuada ejecución de un proyecto

**III. FUNCIONES**

Nº	FUNCIONES DEL PUESTO
1	Delegar funciones al personal técnico
2	Realizar el requerimiento de materiales y las compras de cada proyecto
3	Evaluación del presupuesto de cada proyecto
4	

Elaboración propia

Técnico supervisor: Es el encargado supervisar la correcta ejecución de la instalación del sistema domótico en la vivienda. Está en contacto con el cliente para el ágil flujo de información; pues la ejecución implica varios trabajos de cableado y cortes de energía con el cliente. Asimismo puede tomar decisiones en el momento de la ejecución para solucionar inconvenientes que puedan ocurrir. Debe tener conocimientos de cableado, obras de vivienda en los sistemas eléctricos y sanitarios.

Figura 7.3

### Funciones del técnico supervisor

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MISIÓN, FUNCIONES Y COORDINACIONES**

**I. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO**

Nombre del puesto: Técnico Supervisor  
 Dependencia Jerárquica: Jefe de proyecto  
 Puestos que supervisa: Personal técnico

**II. MISIÓN DEL PUESTO**

Supervisar la correcta ejecución de cada obra y proyecto. Plantear soluciones ante posibles inconvenientes técnicos

**III. FUNCIONES**

Nº	FUNCIONES DEL PUESTO
1	Comunicación en tiempo real con el cliente
2	Supervisión de la ejecución de la obra
3	Delegar funciones al personal técnico
4	Solucionar problemas que se encuentren en el ámbito técnico

Elaboración propia

Técnico en electrónica: Es el encargado de ejecutar las tareas dedicadas a la implementación del sistema domótico en la vivienda. Las tareas del técnico en electrónica comprenden la programación del controlador, programación de la interfaz de control, programación del servidor local y la conexión de sensores y actuadores en el sistema. Debe poseer conocimientos avanzados de programación de controladores, electrónica y redes.

Figura 7.4

Funciones del técnico en electrónica

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MISIÓN, FUNCIONES Y COORDINACIONES	
<b>I. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO</b>	
Nombre del puesto:	Técnico en electrónica
Dependencia Jerárquica:	Técnico supervisor
Puestos que supervisa:	-
<b>II. MISIÓN DEL PUESTO</b>	
Realizar la ejecución de las tareas de programación y conexión de cada sistema domótico	
<b>III. FUNCIONES</b>	
Nº	FUNCIONES DEL PUESTO
1	Realizar las tareas de programación de controladores
2	Realizar la programación de la interfaz de control
3	Realizar las tareas de conexión de los dispositivos de control y periféricos
4	Apoyar en el cableado y las conexiones en la vivienda

Elaboración propia

Técnico en telecomunicaciones: Es el encargado del cableado del sistema en la vivienda. Junto con el técnico en electrónica; son los encargados de la ejecución e implementación del proyecto en la vivienda. Toca los sistemas de redes, sistemas eléctricos y sanitarios de la vivienda. Debe poseer conocimientos avanzados en cableado, redes y sistemas sanitarios.

Figura 7.5

## Funciones del técnico en telecomunicaciones

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MISIÓN, FUNCIONES Y COORDINACIONES	
<b>I. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO</b>	
Nombre del puesto:	Técnico en telecomunicaciones
Dependencia Jerárquica:	Técnico supervisor
Puestos que supervisa:	-
<b>II. MISIÓN DEL PUESTO</b>	
Realizar la ejecución de la instalación del sistema en la vivienda. Cablear el sistema en las redes eléctricas, de agua, telefonía e internet	
<b>III. FUNCIONES</b>	
Nº	FUNCIONES DEL PUESTO
1	Realizar las tareas de cableado de los dispositivos en la vivienda
2	Realizar la instalación de los dispositivos en la vivienda
3	Realizar la conexión a internet de todos los dispositivos domésticos
4	Apoyar en el cableado y las conexiones en la vivienda

Elaboración propia

Personal de soporte: Es el cargado de apoyar la ejecución de las tareas realizadas por el personal técnico, desde la programación, conexiones hasta el cableado en la vivienda. Debe poseer experiencia en cableado de sistemas eléctricos y tuberías.

Figura 7.6

## Funciones del personal de soporte

**MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE MISIÓN, FUNCIONES Y COORDINACIONES**

**I. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO**

Nombre del puesto: **Personal de soporte**

Dependencia Jerárquica: **Técnico supervisor**

Puestos que supervisa: **-**

**II. MISIÓN DEL PUESTO**

Apoyar con la ejecución de la instalación del sistema doméstico

**III. FUNCIONES**

Nº	FUNCIONES DEL PUESTO
1	Apoyar en el cableado y las conexiones en la vivienda
2	Apoyar en la programación de las interfaces
3	Apoyar en las conexiones de los dispositivos de control y periféricos
4	

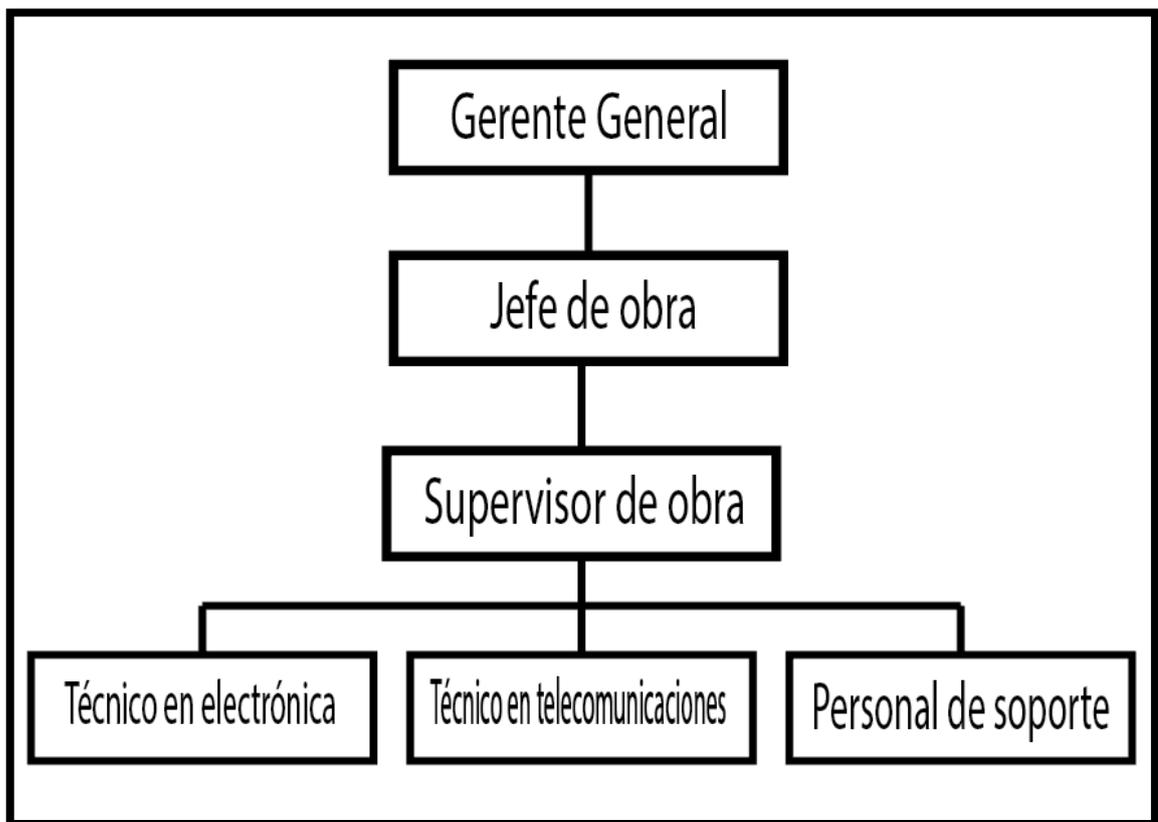
Elaboración propia

### 7.3. Estructura organizacional

El organigrama organizacional nos permite visualizar de mejor manera la disposición y la jerarquía de administración de la implementación del proyecto:

Figura 7.7

Organigrama para la implementación del proyecto



Elaboración propia

SCIENTIA ET PRAXIS

## CAPÍTULO VIII. ANÁLISIS ECONÓMICO

El presente capítulo tiene como fin evaluar los costos que implican el desarrollo e instalación del sistema domótico propuesto. Abarca los costos de materiales directos e indirectos, mano de obra directa e indirecta y otros costos y gastos administrativos. Asimismo, se evaluará una tentativa de precio estimado para que el sistema salga rentable a largo plazo.

### 8.1. Análisis de costos

El análisis de costos comprende el material necesario para el diseño e implementación del sistema domótico. Abarca costos de software y hardware, así como los materiales de apoyo para la instalación íntegra del sistema.

Se toma como referencia la implementación íntegra del sistema domótico descrito en el capítulo 6, ya que cada vivienda tiene un requerimiento particular en cuanto al control de sus partes. El ejemplo presentado en el capítulo 6 es una aplicación integral del sistema, que implica cableado total, componentes nuevos y acondicionamiento de la vivienda desde cero.

Tomamos como ejemplo dicho caso ya que permite ver la limitante en cuanto a costos, ya que es el sistema con implementación más compleja que podría demandar el mercado y que, asimismo, no dispone de los componentes previos para su acondicionamiento.

Se analizarán los costos de los sensores, actuadores, mandos de potencia, controladores, tarjetas de extensión y otros componentes requeridos para la correcta implementación.

La mano de obra no se tendrá en cuenta, ya que, debida a la naturaleza incierta de la demanda y a la versatilidad que permite este sistema domótico para su implementación, no es posible determinar en cantidades monetarias la demanda a largo plazo, aún teniendo como dato el universo de viviendas que son aplicables para el

proyecto. El presente análisis de costos sólo pretende hacer un estimado en cuanto a los costos de los componentes para la implementación del sistema y que permita estimar un precio de venta para que el negocio salga rentable a la entidad que desee implementarlo.

Costo de los sensores: En el capítulo 6 se elaboró un cuadro con todas las acciones de control y los componentes que intervienen en la realización de dicha tarea. La columna de sensores muestra el listado de los sensores necesarios para la ejecución de cada labor de control. Así se tiene la siguiente tabla de costos de los sensores:

Tabla 8.1

Precio de los sensores en nuevos soles

Nombre	Sensores		
	Cantidad	Costo Unitario (en nuevos soles)	Costo Total
Sensor de Llama KY-026	1	S/. 5,00	S/. 5,00
Sensor de Gas MQ4	1	S/.15,00	S/. 15,00
Sensor PIR HC-SR501	6	S/. 3,00	S/. 18,00
sensor de temperatura LM35	2	S/. 5,00	S/. 10,00
Teclado Matricial	1	S/.15,00	S/. 15,00
Micrófono Arduino	1	S/. 5,00	S/. 5,00
Modulo TCRT5000	1	S/. 2,00	S/. 2,00
temporizador	1	S/. 5,00	S/. 5,00
Tablet de control ASUS ZenPad 10	1	S/. 990,00	S/. 990,00
Total			S/. 1 065,00
Elaboración propia			

La tablet de control ASUS ZenPad 10 se considera dentro de esta familia al ser el dispositivo de control que almacena la interfaz gráfica, que a su vez sirve como dispositivo de entrada que envía señales al sistema de control para la ejecución de tareas. Si bien, se puede correr la rutina en una tablet cualquiera, se optó por ésta particularmente por su procesamiento, memoria y marca. El cliente que cuente con tablet o dispositivo móvil con pantalla y acceso a internet puede prescindir de este componente.

Costo de los actuadores: De igual manera, se extrajo la lista de actuadores que intervienen en el sistema y se elaboró una tabla de costos.

Tabla 8.2

Precio de los actuadores en nuevos soles

<b>Actuadores</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (en nuevos soles)</b>	<b>Costo total</b>
Rociador	2	S/. 30,00	S/. 60,00
Alarma	2	S/. 10,00	S/. 20,00
Motores de persianas	2	S/. 120,00	S/. 240,00
Puerta automatizada	2	S/. 150,00	S/. 300,00
Iluminación LED RGB	6	S/. 23,00	S/. 138,00
Iluminación LED	15	S/. 25,00	S/. 375,00
<b>Total</b>			<b>S/. 1 133,00</b>

Elaboración propia

Costo de los mandos de potencia y tarjetas de extensión: Estos componentes de apoyo también tienen relevancia en cuanto a costos para el desarrollo del sistema.

Tabla 8.3

Precio de los módulos de extensión en nuevos soles

<b>Módulos de extensión</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (en nuevos soles)</b>	<b>Costo total</b>
Bluetooth HC-06	1	S/. 25,00	S/. 25,00
Tarjeta NRF2401	2	S/. 28,00	S/. 56,00
<b>Total</b>			<b>S/. 81,00</b>

Elaboración propia

Tabla 8.4

Precio de los mandos de potencia en nuevos soles

<b>Mandos de potencia</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (en nuevos soles)</b>	<b>Costo total</b>
Electroválvula	2	S/. 25,00	S/. 50,00
Dimmer	4	S/. 28,00	S/. 112,00
Contactores	6	S/. 25,00	S/. 150,00
Relés de estado sólido	8	S/. 30,00	S/. 240,00
Bomba de agua	1	S/. 495,00	S/. 495,00
<b>Total</b>			<b>S/. 1 047,00</b>

Elaboración propia

Costo de los controladores: Como se mencionó en capítulos previos, los controladores principales son el Raspberry pi3 como servidor local y el NodeMCU como controlador de los periféricos

Tabla 8.5

Precio de los controladores del sistema en nuevos soles

<b>Controladores</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (en nuevos soles)</b>	<b>Costo total</b>
NodeMCU	4	S/. 40,00	S/. 160,00
Raspberry pi3	1	S/. 210,00	S/. 210,00
Total			S/. 370,00
Elaboración propia			

Finalmente, se recurren a materiales de apoyo, como cables, conectores, material para placas electrónicas y otros componentes electrónicos:

Tabla 8.6

Precio del resto de componentes en nuevos soles

<b>Otros componentes</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (en nuevos soles)</b>	<b>Costo Total</b>
Cable UTP	50m	S/. 1,00	S/. 42,00
Cable fibra óptica	5m	S/. 15,00	S/. 60,00
Conectores	10m	S/. 5,00	S/.40,00
PCB CEM-1	1 plancha	S/. 60,00	S/. 60,00
Otros componentes electrónicos	-	S/. 50,00	S/. 50,00
Total			S/. 252,00
Elaboración propia			

En cuanto a software, los recursos que se utilizaron en el diseño del sistema domótico propuesto son de naturaleza de código abierto u Open Source. Quiere decir que cualquier persona puede acceder al repositorio local y modificar, implementar mejoras, o hacer uso del sistema a libre disposición. No se requiere de alguna licencia para desarrollar proyectos comercializables ni hay limitación alguna en cuanto a la venta de los proyectos desarrollados con ellos. Se considera despreciable el costo del software utilizados para el desarrollo del sistema domótico.

Con estos costos podemos darnos una idea del costo de componentes para la implementación del sistema domótico propuesto de un ejemplo de una vivienda que

requiere la instalación integral de los dispositivos de control, con ambiciosas necesidades y mínimos recursos acondicionables previos.

Tabla 8.7

Precio total de los componentes

<b>Sensores</b>	S/. 1,065.00
<b>Actuadores</b>	S/. 1 133,00
<b>Mandos de potencia</b>	S/. 1 047,00
<b>Controladores</b>	S/. 370,00
<b>Módulos de extensión</b>	S/. 252,00
<b>Otros componentes</b>	S/. 252,00
<b>Costo total de materiales</b>	S/. 4 119,00
Elaboración propia	

## 8.2. Evaluación de Precios

Si se pretende lanzar al mercado el sistema domótico propuesto, lo primero que se tiene que tomar en cuenta son los costos. Los costos de materiales sería el gasto más significativo para la implementación del sistema, pues los gastos administrativos, de venta y de mano de obra dependen de una proyección de la demanda estable, que no se puede obtener por la misma naturaleza versátil y variable del sistema. Un cliente tiene diferentes necesidades que otro, lo que se traduce en una diferente implementación del mismo sistema; cosa que hace muy variable el cálculo de los ingresos a largo plazo.

Teniendo en cuenta esto, se analizan los costos de materiales para plantear una tentativa de precio de ofrecer el sistema domótico en una vivienda. Esta información, si bien no es exacta, puede servir como referencia para cualquier organización que desee emplear el sistema domótico propuesto como modelo de negocio o implementar el sistema como parte de un proyecto social.

El costo total de los materiales para una vivienda con ambiciosas necesidades, como se calculó en el punto 8.1, es de **S/. 4 119,00**. A este costo, se le adiciona el IGV como reglamentado por la Superintendencia Nacional de Administraciones Tributarias del 18%; el precio de venta, teniendo en cuenta sólo el costo de los materiales, sería de **S/. 4 860,48**. A este precio de venta, se le adiciona el margen total deseado por cada venta. Se considera aceptable un margen del 15% para cubrir los otros gastos y salarios

del personal. Hay que tener en cuenta que el personal implementará varios sistemas domóticos a largo plazo, por lo que el margen calculado es sólo unitario para este ejemplo.

Finalmente, el precio tentativo, considerando margen e impuestos, es de **S/5 589,48**. Consideramos un redondeo al millar mayor para dar un estimado con margen del precio referencial que se tendría al ofrecer este sistema; el precio referencia para la implementación de un sistema domótico será de **S/. 6 000,00**.



## CAPÍTULO IX. EVALUACIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL

El presente capítulo tiene como fin determinar el impacto social del proyecto. Se explicará la aplicación de un caso práctico de la implementación del sistema domótico en una silla de ruedas para personas con discapacidad. Dicho trabajo de investigación fue desarrollado por el instituto de Investigación Científica de la Universidad de Lima en el área de innovación tecnológica. Actualmente el proyecto de investigación está tramitando 3 patentes de modelo de utilidad ante INDECOPI

### 9.1. Impacto social del proyecto

La aplicación del sistema domótico en la sociedad tendrá impacto significativo en las personas cuyas viviendas cuenten con el sistema propuesto; beneficiará la calidad de vida de dichas personas al ofrecer una alternativa para la gestión de los recursos energéticos consumidos el día a día. Asimismo, al automatizar los aspectos de la vivienda que se consideran rutinarios y forman parte del día a día, las personas gastarán menos recursos en realizarlas.

El área de impacto del proyecto es el país entero, puesto que los servicios básicos de electricidad e internet están disponibles en todos los departamentos y provincias a nivel nacional, exceptuando algunas comunidades rurales.

La población urbana se verá beneficiada en el aspecto de la gestión de los recursos de la vivienda. Las personas poseerán un control remoto de diferentes aspectos de la vivienda, lo cual les proporcionará un ahorro de tiempo y recursos económicos que estaban destinadas a las tareas domésticas.

Asimismo, la seguridad y bienestar de las personas incrementará con el sistema propuesto, ya que el control remoto de las llaves de agua o luces permitirá evitar accidentes ocasionados por dejar estos elementos abiertos o encendidos. Esto se traducirá en una baja en accidentes domésticos ocasionados por aparatos encendidos.

De igual manera, la tasa de robos en viviendas disminuiría considerablemente al aplicar este sistema, pues la alerta ante intrusiones permitiría tomar acciones oportunas ante cualquier inconveniente.

La población rural se vería beneficiado por el sistema propuesto en aspectos de seguridad, confort, bienestar y condiciones de vida.

La gestión de la temperatura del ambiente permitiría sobrellevar de mejor manera el clima hostil que muchas comunidades afrontan cada día. Asimismo, el sistema alerta de posibles intrusiones a la vivienda, lo que disminuiría considerablemente la tasa de robos.

El modelo propuesto generaría un nuevo mercado potencial en el Perú, el de la domótica, lo que se traduce en más empresas y entidades interesadas en ejercer dicha actividad económica. El recurso escaso más usado en este sector es el recurso intangible del conocimiento técnico o Know-How, por lo que, a la vez, surgiría una demanda de conocimiento e información en el sector de educación.

Finalmente, el sistema ayudaría a la mejor gestión de los recursos de la vivienda rural, al otorgar control de los dispositivos, y automatizando procesos de encendido y apagado de ciertos equipos para economizar costos de energía.

A continuación se listan los beneficios sociales como consecuencia de la implementación del sistema domótico propuesto:

- Mejor control energético de la vivienda
- Mejorar la seguridad ciudadana y comunicación con los servicios de salud
- Mejorar la calidad de vida en la vivienda rural y urbana
- Mejorar las condiciones ambientales en la vivienda rural
- Generará mayor demanda de educación en el sector

#### **9.1.1. Aplicación práctica del trabajo de investigación (Sistema de locomoción domótico para personas con discapacidad).**

La propuesta de investigación fue aplicada en un trabajo de investigación del Instituto de investigación científica (IDIC) de la Universidad de Lima. Dicho trabajo de

investigación tuvo como título “Sistema de locomoción domótico para personas con discapacidad”, y fue desarrollado por los investigadores PhD. Juan Carlos Goñi Delion y M.Sc. Fabricio Humberto Paredes Larroca.

La investigación aplicada estudia la posibilidad de desarrollar un sistema de locomoción accesible para personas discapacitadas a bajo costo. Este sistema de locomoción permite la autonomía de la persona con discapacidad al caminar; lo cual mejorará su calidad de vida, y le permitirá incluirse con mayor facilidad a la sociedad.

El sistema de locomoción que se desarrolló es un equipo similar a una silla de ruedas convencional con mecanismos mecánicos, electrónicos y automatizados. Este sistema de locomoción deberá tener un mecanismo de propulsión propio, un chasis ergonómico, software y algoritmos de funcionamiento, controladores, procesadores, acelerómetros y un giróscopo para asegurar la estabilidad y el control automatizado.

El objetivo principal del proyecto de investigación fue desarrollar un sistema de control inteligente, adaptable a una silla de ruedas, para garantizar un movimiento seguro e independiente de la persona con discapacidad que lo utiliza. Es importante asegurarse que la posición de la silla sea la correcta ante cualquier movimiento, para dar la seguridad y sensación de seguridad al usuario cuando se desplaza horizontalmente o al superar pequeños obstáculos o pendientes pronunciadas o inclinaciones elevadas.

El objetivo final de esta investigación fue conectar la silla de ruedas a un sistema domótico. El sistema domótico consiste en conectar la silla con las funcionalidades de una casa automatizada.

El proyecto de investigación concluyó en su primera etapa con la idea, el diseño de mecanismos simples adaptados a sillas convencionales y finalmente con el diseño y la construcción de un sistema autónomo de movimiento para personas con discapacidad para caminar.

El documento de investigación será adjuntado en los anexos. Este paper resume detalladamente cada aspecto del trabajo de investigación, desde su concepción, hasta la conclusión.

### 9.1.2. Impacto ambiental del proyecto

Asimismo, la implementación del sistema domótico propuesto tendrá un impacto significativo al medio ambiente, pues este sistema, al ser de naturaleza electrónico, consume una cantidad mínima de energía eléctrica.

Adicionalmente, el hecho de permitir el control de los equipos a distancia permite apagar, ejecutar una rutina de apagado o programar un horario de actividad o inactividad de equipos determinada. Esto serviría como apoyo para la gestión de los recursos energéticos de la vivienda, lo que permitiría reducir el consumo de energía eléctrica que normalmente se es desperdiciado.

Se habla de casas inteligentes, a aquellas viviendas capaces de optimizar los recursos disponibles, aprovechar al máximo todos los tipos de energía que ingresan para desarrollar las tareas domésticas, y minimizan desperdicios, los cuales son aprovechados de cierta manera por la misma vivienda. Este es el panorama que depara la domótica y es un desafío que se buscará afrontar en un futuro cercano.



## CONCLUSIONES

- El sistema de locomoción domótico propuesto, utiliza plataformas de desarrollo que son perfectamente capaces de igualar y superar a los controladores industriales y domóticos presentes en el mercado global.
- Este sistema es perfectamente capaz de ser explotado a nivel industrial, personal y como proyectos de gobiernos o entidades de responsabilidad social.
- La comercialización del sistema propuesto beneficiará a la sociedad, ofreciendo empleo y una nueva línea de negocio para la aparición de industrias como la de mantenimiento, soporte y construcción.
- Se demostró la factibilidad del sistema domótico mediante la implementación de una maqueta.
- Es factible controlar dispositivos a distancia a través de una interfaz gráfica por web.
- Es posible el uso de un Raspberry pi 3 como servidor local de un sistema.
- El sistema funciona adecuadamente en la integración de los componentes electrónicos, programación e interfaz.

## REFERENCIAS

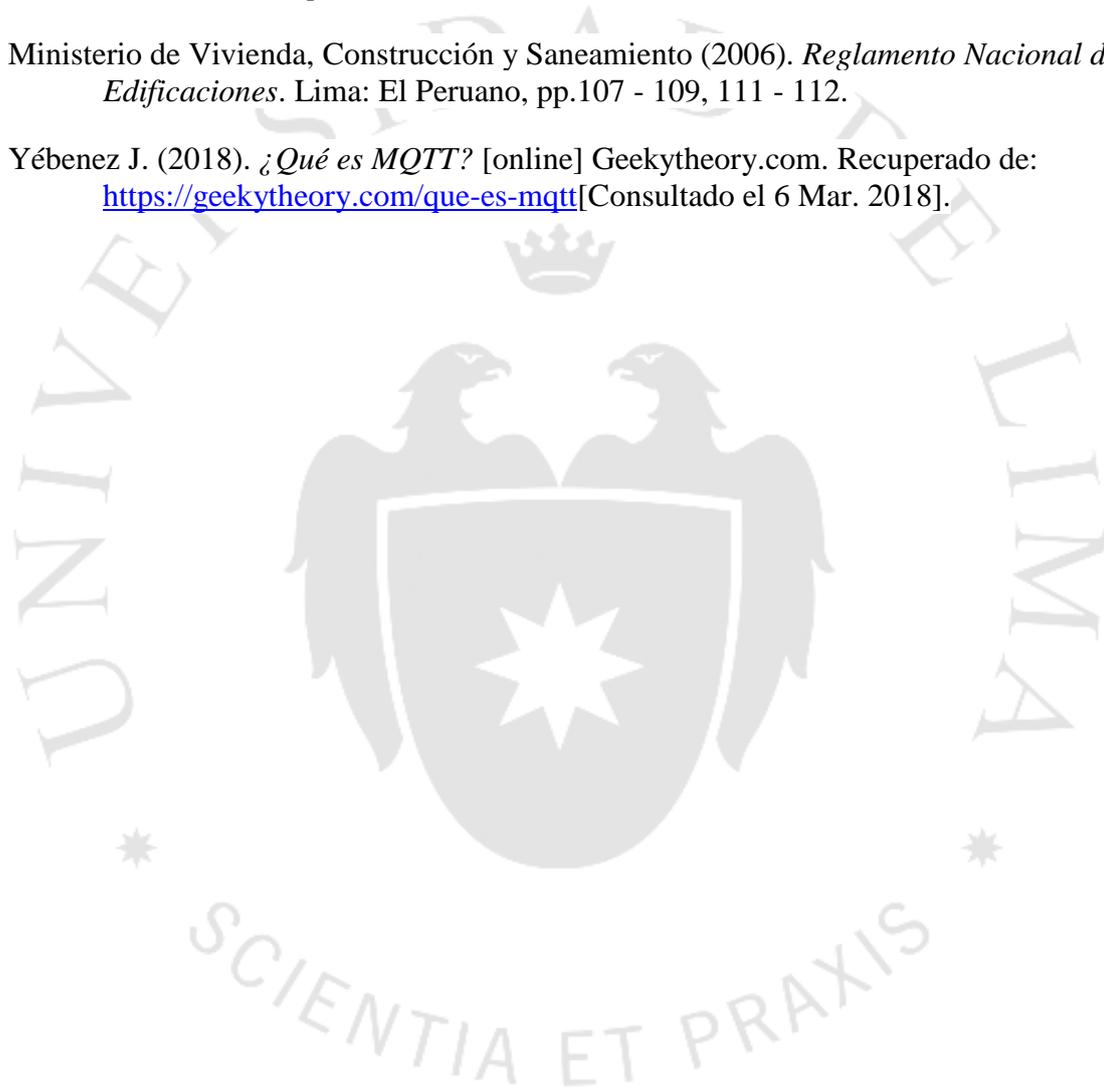
- Abiresearch (2018). *Home Automation Systems / ABI Research*. [online] Recuperado de: <https://www.abiresearch.com/market-research/product/1018449-home-automation-systems/>[Consultado el 13 Mar. 2018].
- Banco Central de Reserva del Perú (2018). *Reporte de Inflación marzo 2018*. Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2018-2019. Lima, p.8.
- College of Engineering and Computing, Georgia Southern University. (2014). *Wired and Wireless Communication*.
- Congreso de la República del Perú (2018). *APRUEBAN PRESUPUESTO PARA MEJORAR ATENCIÓN A PERSONAS CON DISCAPACIDAD*. Lima, p.1.
- El Comercio (2017). BCP: *Sector construcción podría crecer 9% en el 2018*. [online] Recuperado de: <https://elcomercio.pe/economia/peru/bcp-sector-construccion-crecer-9-2018-noticia-478430>[Consultado el 4 Feb. 2018].
- Esquius, M. (2018). *Tendencias en el mercado de la domótica - Solución domótica Loxone Smart Home ES*. [online] Solución domótica Loxone Smart Home ES. Recuperado de: <https://www.loxone.com/eses/tendencias-en-el-mercado-de-la-domotica/>[Consultado el 9 Mar. 2018].
- Gestión, R. (2018). *Sector construcción crecería más de 3% en el 2018 por mayor inversión minera y obra pública*. [online] Gestion. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/sector-construccion-creceria-mas-3-2018-mayor-inversion-minera-y-obra-publica-230620>[Consultado el 4 Ene. 2018].
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN*. [online] Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/population-estimates-and-projections/>[Consultado el 5 Feb. 2018].
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (2017). *Guía de patentes para investigadores*. Lima: Mauricio Osorio Icochea, pp.2 - 7.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). *Perfil Sociodemográfico de la Provincia de Lima*. Lima: Talleres de la Oficina Técnica de Administración (OTA) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), pp.100 - 102.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015). Perú, *Características de las personas con discapacidad*. Lima, pp.12 - 15.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *Hogares que acceden al servicio de internet, por años, según ámbitos geográficos*. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN. [online] Lima. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/tecnologias-de-la-informacion-y-telecomunicaciones/>[Consultado el 6 Ene. 2018].

Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables (2013). *Estadísticas diff.*. Lima.[online] Recuperado de: [https://www.mimp.gob.pe/files/direcciones/dgfc/estadisticas\\_diff.pdf](https://www.mimp.gob.pe/files/direcciones/dgfc/estadisticas_diff.pdf)[Consultado el 9 Jan. 2018].

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: El Peruano, pp.107 - 109, 111 - 112.

Yébenes J. (2018). *¿Qué es MQTT?* [online] Geekytheory.com. Recuperado de: <https://geekytheory.com/que-es-mqtt>[Consultado el 6 Mar. 2018].



## BIBLIOGRAFÍA

Alfárez A.(2008).*Edificios Inteligentes - Edificios Verdes*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

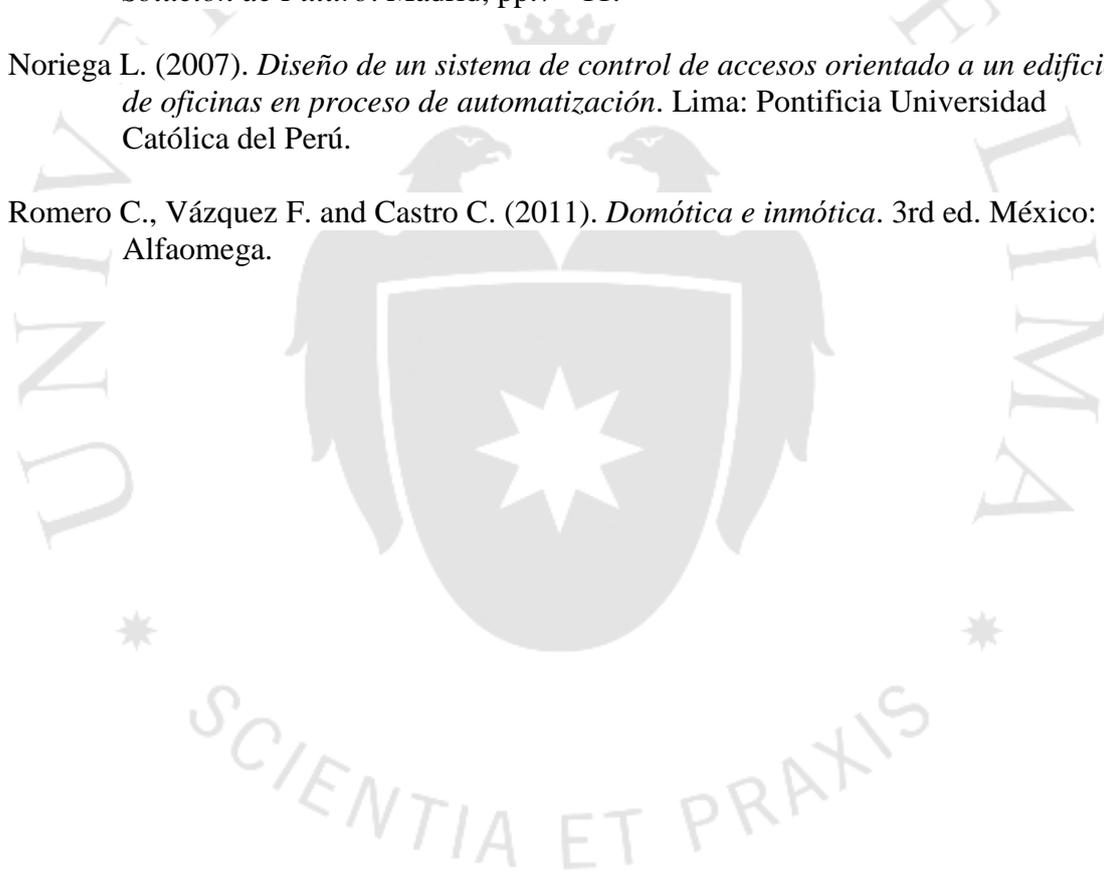
CEDOM (2008). *Cuaderno de divulgación*. 2nd ed. Madrid: AENOR.

Elías X. (2012). *La vivienda y el confort*. 3rd ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (2007). *La Domótica como Solución de Futuro*. Madrid, pp.7 - 11.

Noriega L. (2007). *Diseño de un sistema de control de accesos orientado a un edificio de oficinas en proceso de automatización*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Romero C., Vázquez F. and Castro C. (2011). *Domótica e inmótica*. 3rd ed. México: Alfaomega.





**ANEXOS**

# ANEXO 1: SISTEMA DE LOCOMOCION PARA DISCAPACITADOS EN UNA SILLA DE RUEDAS, AUTOMATIZADO CON UN PROCESADOR MYRIO

## ANEXO 1: SISTEMA DE LOCOMOCIÓN PARA DISCAPACITADOS EN UNA SILLA DE RUEDAS, AUTOMATIZADO CON UN PROCESADOR MYRIO

M.Sc. Fabricio Paredes Larroca<sup>1</sup>, PhD. Juan Carlos Goñi Delión<sup>2</sup>

1. Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería Industrial, Lima, Perú, email: fparedes@ulima.edu.pe

2. Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería Industrial, Lima, Perú, email: jgoni@ulima.edu.pe

...

### RESUMEN

La investigación aplicada estudia el desarrollo de un sistema de locomoción para personas con discapacidad motora. Este sistema permite la autonomía al caminar mediante la integración de sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos; añadiendo algoritmos de control inteligente y un sistema de sensores. Dicho sistema mejorará la calidad de vida de la persona con discapacidad, y permitirá autonomía en el desplazamiento, lo que garantizará una mejor inclusión en la sociedad.

**Palabras claves:** *Discapacidad; Autonomía; Silla de ruedas; LabVIEW; FPGA; myRio; Mio.*

## AUTOMATED LOCOMOTION SYSTEM FOR PEOPLE WITH WALKING DISABILITIES, USING MYRIO PROCESSOR

M.Sc. Fabricio Paredes Larroca<sup>1</sup>, Ph.D. Juan Carlos Goñi Delión<sup>2</sup>

1. Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería Industrial, Lima, Perú, mail: fparedes@ulima.edu.pe

2. Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería Industrial, Lima, Perú, mail: jgoni@ulima.edu.pe

### Abstract

La investigación aplicada estudia el desarrollo de un sistema de locomoción para personas con discapacidad motora. Este sistema permite la autonomía al caminar mediante la integración de sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos; añadiendo algoritmos de control inteligente y un sistema de sensores. Dicho sistema mejorará la calidad de vida de la persona con discapacidad, y permitirá autonomía en el desplazamiento, lo que garantizará una mejor inclusión en la sociedad.

**Key words:** *disability; autonomy; wheelchair; LabVIEW; FPGA; myRIO; Mx.*

## INTRODUCCIÓN

La población que presenta en el Perú algún tipo de discapacidad es un millón seiscientos mil personas aproximadamente<sup>1</sup>. De este grupo de personas, el 59 por ciento tienen discapacidad motora, o problemas en brazos y piernas, lo que inhabilita parcial o completamente el caminar<sup>2</sup>.

Asimismo, de este millón seiscientos mil personas, 51 por ciento tienen problemas visuales o no pueden ver. Y, clasificándolos según su nivel socioeconómico, el 23 por ciento del grupo de discapacitados son de condición pobre o muy pobre. Solo un 20 por ciento de los discapacitados tienen un trabajo, y en casi todos los casos se trata de un trabajo independiente. Toda esta información indica las necesidades de ayuda que tienen los peruanos con discapacidad. Ellos necesitan poder ser más independientes de los demás<sup>3</sup>.

Este trabajo es auspiciado por el Instituto de Investigación Científica IDIC, de la Universidad de Lima, quien busca diseñar e implementar proyectos de gran impacto tecnológico y de ayuda social.

### PROPUESTA DE SISTEMA DE LOCOMOCIÓN PARA DISCAPACITADOS

Las personas discapacitadas no tienen libertad para desplazarse de forma segura, y se plantea diseñar un sistema de locomoción que les de autonomía de movimiento. Para esto se ha planteado la elaboración de un mecanismo mecánico, un sistema eléctrico y un sistema electrónico de control. Todos estos sistemas serán modelados y probados usando software de modelamiento 3D, CAD y simulación de control.

Para cumplir con los objetivos planteados, se ha previsto cumplir con las siguientes características: el peso de una persona promedio de ochenta kilogramos, un sistema mecánico de montaje adaptable a sillas de ruedas convencionales, mandos de control de fácil uso, con motores eléctricos de 9 amperios como consumo máximo para 24 voltios; que acceda a rampas de hasta 10 grados de inclinación, con baterías recargables de corriente continua.

### Análisis del Sistema Mecánico

Se ha diseñado el mecanismo de un sistema de placas metálicas adheridas a una silla de ruedas convencional. Estas placas permiten fijar con seguridad un motor eléctrico a cada lado, usando a cambio una rueda de 10 pulgadas de diámetro (utilizando una brida de acoplamiento). Es decir, se deben retirar las ruedas originales de medida promedio de 24 pulgadas para adaptar en un nuevo punto las ruedas pequeñas.

El acoplamiento entre las placas y los motores cuenta con tres pernos de sujeción, para garantizar la seguridad y estabilidad del conjunto.

El diseño del sistema mecánico se ha basado en la herramienta de dibujo "Diseño Asistido por Computadora" SolidWorks, de la cual se ha establecido la geometría de las placas, ubicando los puntos de apoyo, el equilibrio del peso de la persona, los motores y las baterías. Considerar el centro de gravedad del mecanismo permite el desplazamiento seguro de la silla en superficies horizontales e inclinadas. Así mismo, se ha diseñado las plataformas y soportes para las baterías y los sistemas de control.

La figura 1 muestra la placa de uno de los lados, y en total deben ser dos placas, una por rueda.

<sup>1</sup> Torres Román, M. J. "Diseño y adaptación de un manual de procedimientos para transformar silla de ruedas convencionales en sillas para pacientes con problemas neurológicos y escasos recursos económicos, PUCP, Lima 2012

<sup>2</sup> INEI "Perú: Características de la población con discapacidad". Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015

<sup>3</sup> Diario El Peruano, "Ley 29973: Ley General de la Persona con Discapacidad". Lima: Diario El Peruano, 2012.

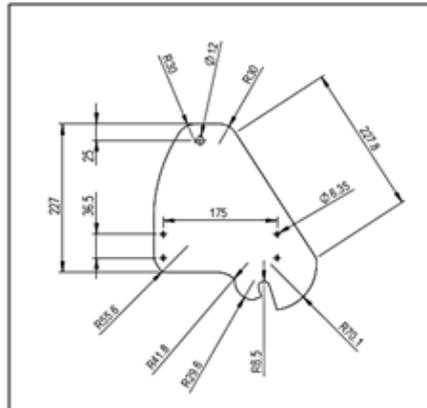


Figura 1: Placa fija de montaje

El modelo de locomoción mecánico además, consta de un sistema adicional de ruedas configurado en estrella que funciona como acoplamiento mecánico capaz de adaptarse a una silla de ruedas estándar para discapacitados, con el objeto de poder subir escaleras con ayuda de dos personas.

Este mecanismo mecánico ha sido concebido, diseñado y fabricado en las instalaciones del laboratorio de Máquinas e Instrumentos de la universidad de Lima. Para este objetivo, se ha utilizado dos conjuntos de ruedas dispuesta en estrella de tres unidades cada uno, unas placas en estrella que sirven para la unión de cada conjunto de ruedas dispuestas en estrella, con bulonas de acople para cada una de las seis ruedas y un eje principal extenso para el ensamble a los extremos de los dos conjuntos de ruedas dispuesta en estrella.

La figura 2 muestra el detalle de la placa estrella que funcionará como estructura principal del sistema de acoplamiento de ruedas dispuestas en triángulo.

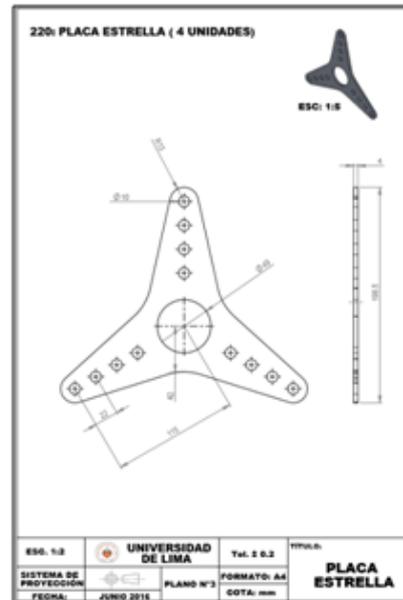


FIGURA 2: PLACA EN ESTRELLA

#### Prototipado y construcción

El diseño del sistema mecánico de locomoción se ha elaborado utilizando la herramienta de dibujo CAD "Diseño Asistido por Computadora" en SolidWorks hasta obtener el prototipo final. La figura 3 muestra un modelo del conjunto de ruedas dispuesto en estrella.



FIGURA 3: MODELO DEL SISTEMA DE RUEDAS DISPUESTAS EN TRIANGULO

Se hizo uso de herramientas CAD y CAM para el diseño y fabricación de las piezas que integran el sistema de acople. Las técnicas de manufactura utilizadas fueron: soldadura TIG, fresado y torneado CNC e impresión 3D



FIGURA 4: SIMULACIÓN DEL ACOPLE TIPO ESTRELLA

#### Ensamble y acoplamiento

Se realizaron pruebas de campo del prototipo del sistema mecánico en las instalaciones de la Universidad de Lima: se ensambló el sistema estrella en un montacargas, el cual al ser operado por una persona logró subir las escaleras sin ninguna dificultad tal y como se muestra en la figura 5.

Al comprobar la efectividad del acople en la superación de obstáculos, se procede a realizar el ensamblaje en la silla de ruedas, el cual puede ser retirado e insertado con accionamiento manual.



FIGURA 5: PRUEBAS DEL PROTOTIPO DE SISTEMA MECÁNICO

Se acopla el sistema de placa de aluminio según la figura 6. en los lados laterales de la silla de ruedas convencional, de tal forma que funcione como soporte del conjunto de ruedas dispuesto en estrella y optimice la repartición de peso como se demuestra mediante cálculos matemáticos.

La estabilidad se consigue mediante 3 puntos de apoyo y sujeción de la placa con el chasis de la estructura de la silla de ruedas como se observa nuevamente en la figura 6.



FIGURA 6: SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL, CON LAS RUEDAS TRASERAS DESENSAMBLADAS

### Sistema eléctrico

Para lograr el desplazamiento motriz de la silla se ha previsto dos motores eléctricos de corriente continua con reductor de velocidad 10 a 1, y eje de salida perpendicular a cada motor. Se monta un motor eléctrico en cada rueda de tracción, que va sobre cada placa metálica del sistema mecánico diseñado. Cada motor tiene una potencia de 450 watts, 17,5 amperios, 24 voltios DC y 2000rpm.

Asimismo, se ha instalado dos baterías de 12 voltios de plomo-ácido conectadas en serie como fuente de energía eléctrica para alimentar a los motores eléctricos. Cada batería entrega una corriente máxima de 518 amperios, y tiene una capacidad de carga de 75 amperios - hora.

El driver de potencia cuenta con una capacidad de 50 amperios, esto se debe a que cuando la silla se encuentra funcionando es posible que la persona discapacitada pueda chocar contra una pared o una puerta; entonces la corriente de trabajo se eleva de forma drástica. Este sistema de locomoción cuenta con sensores que permiten controlar de forma adecuada la velocidad en una pendiente tanto de bajada como de subida.

El FPGA myRio cuenta con un software que asiste al sistema en todo momento de su traslación.

En la figura 7 se presenta el mecanismo ya montado, con los motores eléctricos y el acoplamiento.



FIGURA 7: MECANISMO ELECTRÓNICO DE LA SILLA DE RUEDAS

### Sistema electrónico y de control

El sistema de control automatizado está basado en un software de desarrollo de sistemas, conocido como LabVIEW, utilizando las herramientas propias del procesador myRio de National Instruments. El FPGA (Field Programmable Gate Array), es un dispositivo programable que permite emular cualquier circuito integrado para traducir circuitos que ya no se fabrican en la actualidad. La arquitectura de myRio está basada en un FPGA.

El sensor Myo se encarga de mandar la señal al controlador mediante los pulsos musculares del usuario. Este sensor es utilizado como un brazalete en el antebrazo y, mediante la detección de ciertos patrones de movimientos musculares, envía distintas señales encargadas de la locomoción del sistema, ya sea hacia adelante, voltear a la derecha, izquierda o en reversa.

La programación se desarrolló de tal manera que el sensor graba en su memoria determinados patrones de movimiento muscular y los traduce en señales que el controlador interpreta como distintos tipos de movimiento de la silla. Todo esto se logra gracias al programa en LabView.

El sensor que permite la locomoción automática de la silla de ruedas es el sensor Myo, el cual permite la interpretación de un patrón muscular para que el controlador mande la señal de movimiento.



FIGURA 8: SENSOR Myo

La siguiente serie de figuras indica el funcionamiento del sistema de control del sistema de locomoción:



FIGURA 9: PATRÓN DE MOVIMIENTO DE ACTIVACIÓN DEL SENSOR DE PULSOS



FIGURA 10: PATRÓN DE MOVIMIENTO DE DESPLAZAMIENTO LINEAL



FIGURA 11: PATRÓN DE MOVIMIENTO DE GIRO A LA IZQUIERDA



FIGURA 12: PATRÓN DE MOVIMIENTO DE GIRO A LA DERECHA



FIGURA 13: PATRÓN DE MOVIMIENTO DE REVERSA

Actualmente se cuenta con sensores que detectan el consumo de corriente de los motores eléctricos, hasta un máximo de 25 amperios, con corrientes pico de hasta 50 amperios en el mando de potencia. Este driver o mando de potencia recibe el tren de pulsos PWM (Pulse-Width Modulation) del controlador myRio.

La comunicación entre el sensor Myo y la computadora a bordo de la silla es por señal inalámbrica bluetooth; el computador se comunica a través de un cable USB con la plataforma Arduino. Este controlador tiene conexión digital con la plataforma de control MyRio donde se ejecuta el programa principal de control, dando lugar a las señales PWM, de control de los motores DC que mueven la silla de ruedas.

El diagrama de la figura 14 detalla el flujo de comunicación de datos entre el sensor, controlador y periféricos, así como el tipo de señal que se envía y recibe y el orden en que estas señales son decodificadas hasta llegar a controlar el sistema integral y ofrecer el sistema de adquisición de datos.

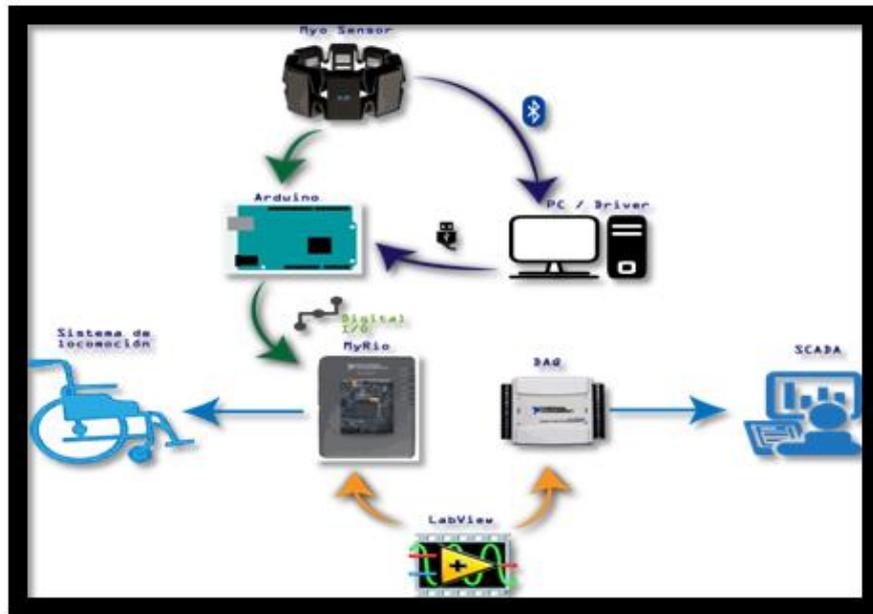


FIGURA 14: PATRÓN DE MOVIMIENTO DE GIRO A LA DERECHA.

El computador a bordo ejecuta una rutina en el software de desarrollo gráfico LabView para generar el programa de supervisión, control y adquisición de datos SCADA. Los sensores de corriente, miden el amperaje de consumo de cada motor de las ruedas.

Además, el sistema posee 2 sensores de voltaje para cada una de las dos baterías y un sensor para el voltaje total, pues no necesariamente funcionan las dos baterías al mismo voltaje.



FIGURA 15: HARDWARE DE CONTROL ACOPLADO A LA SILLA DE RUEDAS

El sistema SCADA almacena la data histórica de los sensores en una hoja de cálculo.



FIGURA 16: CONTROL DE UN SERVMOTOR POR MEDIO DE PWM CON FPGA ~~XXX~~

### Programación

La facilidad de conexión y de comunicación con el software LabVIEW y el procesador myRIO permite reducir las horas de programación, logrando obtener un código más limpio, más sencillo de comprender y de resultados óptimos.

El algoritmo de control se desarrolla inicialmente en un sistema de lazo abierto, que con los encoders se convertirá en un lazo de control cerrado. A continuación se presenta el algoritmo de control.

El control consiste en determinar un patrón de movimientos musculares con el antebrazo, el controlador detectará los pulsos musculares y los asociará con un tipo de movimiento (adelante, reversa, izquierda, derecha) y enviará la señal a los motores, los cuales realizarán los movimientos correspondientes



FIGURA 18: EL PATRÓN DE MOVIMIENTO CON EL ANTEBRAZO PERMITE A LA SILLA DE RUEDAS MOVERSE EN REVERSA



FIGURA 19: ASIMISMO, OTRO PATRÓN DE MOVIMIENTO PERMITE A LA SILLA DE RUEDAS IR EN LÍNEA RECTA.

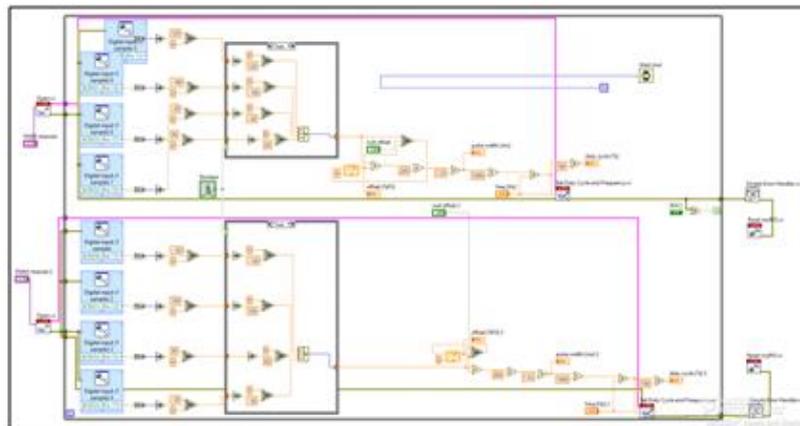


FIGURA 20: ALGORITMO DE CONTROL

## CONCLUSIONES

### Logros alcanzados en el proyecto

El sistema mecánico diseñado es de fácil montaje y desmontaje para una silla de ruedas convencional.

El software programado [myRio](#) nos permite actualmente desplazar la silla convencional en sus cuatro direcciones; adelante, atrás, izquierda, y derecha. Además puede superar pendientes de hasta diez grados de inclinación.

Se está activando el uso de las licencias académicas libres del software [LabVIEW](#).

El uso de las herramientas tecnológicas [LabVIEW](#)/[myRio](#); nos permite resolver problemas serios y de importancia social, como es el tema sensible de la discapacidad en nuestro país.

## Referencias

- [1] Torres Román, M. J, "Diseño de adaptación y elaboración de un manual de procedimientos para transformar sillas de ruedas convencionales en sillas para pacientes con problemas neurológicos y escasos recursos económicos". Lima: *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 2012.
- [2] INEI. "Perú: Características de la población con discapacidad". Lima: *Instituto Nacional de Estadística e Informática*, 2015.
- [3] Diario El Peruano, "Ley 29973: Ley General de la Persona con Discapacidad". Lima: *Diario El Peruano*, 2012.
- [4] Goñi, J.C, "Máquinas, instrumentos y procesos de manufactura". Lima: *Universidad de Lima*, 2011.
- [5] Doering, E, "National Instruments [myRio](#): Project Essentials Guide". *National Technology and Science Press*, 2014.
- [6] National Instruments Corporation, "[LabVIEW Student Software](#)", 2013.

## INVESTIGADORES

**Fabrizio Paredes Larroca:** Ingeniero Industrial por la Universidad de Lima (2000), M.Sc. con Mención en Automática e Instrumentación en la Universidad Nacional de Ingeniería en el año 2012.

Actual Docente e investigador en la Universidad de Lima, realizó varios trabajos de investigación, entre ellas, Control de una turbina eólica basada en lógica difusa (2011), Algoritmos de control con ~~multimuestreo~~ y estructura variable adaptiva para un generador de inducción de una turbina eólica utilizando DSP (2013), Fabricación de un generador universal para una turbina eólica utilizando análisis de elementos finitos FEA y maquinado CNC (2014), Dosificador de solución de iones ferrato por bomba peristáltica (2015).

Actualmente desempeña como el director de Centro de Innovación Tecnológica (CIT) de la Universidad de Lima.

**Juan Carlos Goñi Delión:** Ingeniero mecánico en la Universidad Nacional de Ingeniería (1983) y el grado de doctor Ph.D. en ingeniería de las ciencias en la ETH-Zürich-Suiza en el año 1993.

De 1985 a 1988 desempeñó como director del Centro Experimental Tecnológico fundado por la cooperación Suiza en la Universidad del Callao. En la actualidad es profesor de la facultad de ingeniería de la Universidad de Lima, ocupando a lo largo del tiempo los cargos de director de departamento, y a nivel de universidad de director de desarrollo académico, director de servicio académicos y registro, e investigador por el Instituto de Investigación Científica IDIC. Su investigación ha estado basada en los motores de combustión interna, diseño de equipos y estudio de combustibles.

El Dr. Goñi es actualmente profesor principal de la facultad de ingeniería de la Universidad de Lima y responsable del laboratorio de Máquinas e Instrumentos de esta casa de estudios. Es autor de tres libros: "Máquinas, instrumentos y procesos de manufactura"; "Máquinas hidráulicas y térmicas"; y "Manual de combustibles alternativos y tecnología automotriz". Además, ha publicado artículos en diversos documentos y revistas. Se encuentra en proceso la obtención de dos solicitudes de registro de patentes ante el INDECOPI.



## ANEXO 3: Páginas 6, 7, 8 y 9 de la Guía de Patentes para inventores - INDECOPI

Las leyes modernas de patentes surgen, a nivel mundial, a partir de 1791 con la primera ley de patentes de Francia, posterior al movimiento de desarrollo tecnológico acontecido con la revolución industrial y en el contexto de la revolución francesa, en la que se lucha por los "derechos" del hombre.

Para el caso peruano, el tratamiento de protección de invenciones mediante el otorgamiento de privilegios se implanta, desde España, con la conquista del Perú en 1532. Previo a ello, nuestros antepasados no practicaron la protección de la propiedad intelectual, como estimulante de la creatividad. Es recién en 1869, casi cincuenta años después de la independencia del país, cuando se emite la primera legislación de patentes en el Perú.

### ¿QUÉ NORMATIVAS RIGEN EL SISTEMA DE PATENTES EN EL PERÚ?

- **El Convenio de París**, firmado en 1883 y al cual el Perú se suscribe en 1995. Obliga a cumplir tres principios: i) Trato nacional: brindar el mismo trato a los extranjeros, que el otorgado a los nacionales; ii) Derecho de prioridad: una vez presentada la solicitud en un país, el solicitante tiene derecho a presentarla en otro, hasta por un plazo de doce meses; y iii) Autonomía: la concesión de una patente en un país, no obliga al resto de países a otorgarla sobre la misma invención.
- **Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC)**, firmado en 1994 en el marco de la creación de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Busca armonizar las legislaciones de patentes a nivel mundial, además de establecer los estándares mínimos de protección que no pueden ser rebajados por los países firmantes.
- **Decisión Andina 486**, Régimen Común sobre Propiedad Industrial en el Perú, Colombia, Bolivia y Ecuador. Esta decisión regula en detalle, desde el año 2000, todo lo relacionado con la protección de invenciones en los cuatro países andinos.
- **Decreto Legislativo 1075**, que aprueba disposiciones complementarias a la decisión Andina 486 como, por ejemplo, aspectos relacionados al tratamiento de la propiedad intelectual de las invenciones desarrolladas durante una relación laboral o de servicios, o realizadas en centros de educación e investigación. Este decreto fue promulgado a raíz de la firma del Tratado de Libre Comercio, entre el Perú y los Estados Unidos, en 2008.

### ¿CUÁNTOS TIPOS DE PATENTES EXISTEN?

En el Perú, las invenciones se pueden patentar bajo dos modalidades: patentes de invención y patentes de modelo de utilidad.

Las patentes de invención protegen productos o procedimientos por 20 años, siempre que estos cumplan con tres requisitos:

- **Novedad:** implica que la invención no haya sido divulgada o hecha accesible al público bajo ninguna forma (la Decisión Andina 486 establece un período de gracia de un año, desde el momento de la divulgación, para el inicio del trámite de solicitud de patente). El requisito de novedad debe ser cumplido a nivel mundial.
- **Nivel inventivo:** que, para una persona con conocimientos técnicos medios en el campo técnico, el invento no debe derivarse o ser deducible de forma evidente, a partir de las tecnologías ya existentes. Dicho de otro modo, que no sea una invención obvia o evidente.
- **Aplicación industrial:** que el invento, que busca protección, pueda ser producido o utilizado en alguna industria en particular.

Por su parte, las patentes de modelo de utilidad protegen únicamente productos por 10 años, siempre que estos cumplan con dos requisitos:

- **Novedad:** que la invención no haya sido divulgada o hecha accesible al público bajo ninguna forma (la Decisión Andina 486 establece un período de gracia de un año, desde el momento de la divulgación para el inicio del trámite de solicitud de patente). El requisito de novedad debe ser cumplido a nivel mundial.
- **Ventaja técnica:** que toda nueva forma, configuración o disposición de elementos de algún artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o de alguna parte del mismo permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que le incorpore o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía.

*Los modelos de utilidad son mejoras o adaptaciones que se realizan a equipos, herramientas, aparatos o dispositivos que ya existen, por lo que se les considera "inventos menores" al carecer de nivel inventivo, aunque sí incorporan una buena dosis de ingenio o creatividad.*

## ¿QUÉ SE PUEDE PATENTAR?

Una invención o invento puede definirse como una idea que ha sido materializada para solucionar un problema técnico en cualquier campo de la tecnología. La materialización se produce en la forma de una máquina, herramienta, objetivo, dispositivo, sistema, composición, compuesto, procedimiento, proceso o método, entre otros. Por tanto, todo lo que se considere como invento será susceptible de protección mediante alguna de las dos modalidades de patentes que ya se han comentado y siempre que se cumpla con sus respectivos requisitos.

No obstante, la Decisión Andina 486 establece dos ámbitos que no pueden patentarse en el Perú:

<b>Materia que no se considera invención (Art. 15)</b>	<b>Excepciones a la patentabilidad (Art. 20)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descubrimientos, teorías científicas, métodos matemáticos.</li> <li>• El todo o parte de seres vivos tal como se encuentran en la naturaleza, los procesos biológicos naturales, el material biológico existente en la naturaleza.</li> <li>• Obras literarias y artísticas o cualquier otra protegida por derechos de autor.</li> <li>• Planes, reglas y métodos para el ejercicio de actividades intelectuales, juegos o actividades económico-comerciales.</li> <li>• Programas de ordenadores o el soporte lógico como tales.</li> <li>• Las formas de presentar información.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las invenciones contrarias al orden público o la moral.</li> <li>• Las invenciones contrarias a la salud o la vida de las personas o de los animales, o a la preservación de los vegetales o el medio ambiente.</li> <li>• Las plantas, los animales y los procedimientos esencialmente biológicos para la producción de plantas o animales que no sean procedimientos no biológicos o microbiológicos.</li> <li>• Los métodos terapéuticos o quirúrgicos para el tratamiento humano o animal.</li> <li>• Los métodos de diagnóstico aplicados a los seres humanos o a animales.</li> </ul>

## ¿QUÉ TRÁMITE SE REQUIERE PARA PATENTAR EN EL PERÚ?

Para solicitar una patente se debe entregar a la Dirección de Invenciones y Nuevas Tecnologías del Indecopi la siguiente documentación:

- **Formato de Solicitud de Registro de Patente (F-DIN-01/1A)** debidamente completado. Este se puede descargar en [www.indecopi.gob.pe/din](http://www.indecopi.gob.pe/din) en la sección "Procedimientos y Formatos".
- **Documento Técnico.** Este es el escrito donde se describe, de manera detallada, la invención que se desea proteger a través de la patente. El documento técnico posee una estructura estándar y común a nivel internacional, siendo sus partes las siguientes: i) descripción, ii) reivindicaciones, iii) resumen y iv) dibujos (cuando fuesen necesarios).
- **Comprobante de pago** de las tasas establecidas de presentación de solicitud, según la modalidad de patente elegida.

De estar conforme la documentación señalada, el Indecopi admite la solicitud y asigna "fecha de presentación" a la misma. Esta fecha es la partida de nacimiento de un trámite de patente y sobre la cual se sustentan todas las acciones futuras.

*Toda solicitud de patente de una invención que haga uso o se vincule con recursos genéticos del Perú (entendidos como el material de naturaleza biológica que contenga información genética de valor o utilidad real o potencial) será requerida de adjuntar el respectivo Contrato de Acceso durante el Examen de Forma. Estos contratos se tramitan en el INIA si se trata de especies cultivadas, SERFOR para el caso de flora y fauna silvestre y el Viceministerio de Pesquería en lo que respecta a recursos hidrobiológicos.*

## ¿CUÁNTO CUESTA Y CUÁNTO DURA TRAMITAR UNA PATENTE?

En el Perú, una patente de invención demandará una inversión de alrededor de S/ 1,400, mientras que una patente de modelo de utilidad, aproximadamente S/ 600. En cuanto a la duración del trámite, actualmente la Dirección de Invenções y Nuevas Tecnologías del Indecopi resuelve expedientes de patentes de invención en aproximadamente 4 años, y 2.5 años en el caso de modelos de utilidad.

Conceptos	Patente de Invención (S/ )	Modelo de Utilidad (S/ )
Tasa de Presentación	720	324
Examen de Fondo	550	280
Mantenimiento de Vigencia Anual	150	-
<b>Total aproximado</b>	<b>1,420</b>	<b>604</b>

Costos asociados a la solicitud de patentes en el Perú  
(En soles a agosto de 2017)  
Fuente: Indecopi

## ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE PATENTAR UNA INVENCIÓN O LOS RESULTADOS DE UNA INVESTIGACIÓN?

El principal atributo que concede una patente, a su titular, es la "exclusividad", es decir, la capacidad de excluir a terceros de la explotación y beneficios de una invención. En otras palabras, faculta a dicho titular, a ejercer el derecho de uso o "monopolio" temporal de la invención.

No obstante, una patente representa un medio para un fin. Esto quiere decir que un inventor, investigador, empresa, universidad u otro interesado solicitará una patente, no por el simple hecho de obtenerla, sino porque a través de la obtención de este título de propiedad, busca conseguir un objetivo más avanzado.

Si bien los objetivos que se persiguen podrían variar en función a las características y expectativas del solicitante (por ejemplo: mejorar en los rankings universitarios, obtener reconocimiento o reputación, impedir la copia del producto, entre otros), en su mayoría estos se relacionan con

# ANEXO 4 Reglamento de obras de suministro de energía y comunicaciones Recuperado del Reglamento Nacional de Edificaciones

El Peruano  
Jueves 8 de junio de 2006

 **NORMAS LEGALES**

**320577**

## 4. ALCANTARILLADO

### 4.1. Tuberías y Cámaras de Inspección de Alcantarillado

Deberá efectuarse inspección y limpieza periódica anual de las tuberías y cámaras de inspección, para evitar posibles obstrucciones por acumulación de fango u otros.

En las épocas de lluvia se deberá intensificar la periodicidad de la limpieza debido a la acumulación de arena y/o tierra arrastrada por el agua.

Todas las obstrucciones que se produzcan deberán ser atendidas a la brevedad posible utilizando herramientas, equipos y métodos adecuados.

Deberá elaborarse periódicamente informes y cuadros de las actividades de mantenimiento, a fin de conocer el estado de conservación y condiciones del sistema.

## II.4. OBRAS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA Y COMUNICACIONES

### NORMA EC 010

#### REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

##### Artículo 1°.- GENERALIDADES

La distribución de energía eléctrica es una actividad vinculada a la habilitación urbana y rural así como a las edificaciones. Se rige por lo normado en la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844 y su Reglamento aprobado por D.S. N° 09-93-EM, el Código Nacional de Electricidad y las Normas de la Dirección General de Electricidad (En adelante se denominará Normas DGE) correspondientes.

##### Artículo 2°.- ALCANCE

Las disposiciones de esta norma son aplicables a todo proceso de electrificación de habilitación de tierras y edificaciones, según la clasificación dada por la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas y que están relacionadas con las redes de distribución de energía eléctrica.

Las redes de alumbrado público y las subestaciones eléctricas deben sujetarse a las Normas EC.020 y EC.030 respectivamente, de este Reglamento.

##### Artículo 3°.- DEFINICIONES

Para la aplicación de lo dispuesto en la presente Norma, se entiende por:

- **DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**- Es recibir la energía eléctrica de los generadores o transmisores en los puntos de entrega, en bloque y entregarla a los usuarios finales.

- **CONCESIONARIO.**- Persona natural o jurídica encargada de la prestación del Servicio Público de Distribución de Energía Eléctrica.

- **ZONA DE CONCESIÓN.**- Área en la cual el concesionario presta el servicio público de distribución de electricidad.

- **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.**- Conjunto de instalaciones para la entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios, comprende:

- Subsistema de distribución primaria;
- Subsistema de distribución secundaria;
- Instalaciones de alumbrado público;
- Conexiones;
- Punto de entrega.

- **SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.**- Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica producida por un sistema de generación, utilizando eventualmente un sistema de transmisión, y/o un subsistema de subtransmisión, a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público y/o a las conexiones para los usuarios, comprendiendo tanto las redes como las subestaciones intermediarias y/o finales de transformación.

- **RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA.**- Conjunto de cables o conductores, sus elementos de instalación y sus

accesorios, proyectado para operar a tensiones normalizadas de distribución primaria, que partiendo de un sistema de generación o de un sistema de transmisión, está destinado a alimentar/interconectar una o más subestaciones de distribución; abarca los terminales de salida desde el sistema alimentador hasta los de entrada a la subestación alimentada.

- **SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN.**- Conjunto de instalaciones para transformación y/o seccionamiento de la energía eléctrica que la recibe de una red de distribución primaria y la entrega a un subsistema de distribución secundaria, a las instalaciones de alumbrado público, a otra red de distribución primaria o a usuarios. Comprende generalmente el transformador de potencia y los equipos de maniobra, protección y control, tanto en el lado primario como en el secundario, y eventualmente edificaciones para albergarlos.

- **SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA.**- Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a bajas tensiones, desde un sistema de generación, eventualmente a través de un sistema de transmisión y/o subsistema de distribución primaria, a las conexiones.

- **INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO.**- Conjunto de dispositivos necesarios para dotar de iluminación a vías y lugares públicos (avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, caminos, carreteras, autopistas, pasos a nivel o desnivel, etc.), abarcando las redes y las unidades de alumbrado público.

- **SISTEMA DE UTILIZACIÓN.**- Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones destinado a llevar energía eléctrica suministrada a cada usuario desde el punto de entrega hasta los diversos artefactos eléctricos en los que se produzcan su transformación en otras formas de energía.

##### Artículo 4°.- SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA

Comprende tanto las redes de distribución primaria como las subestaciones de distribución.

Los proyectos y la ejecución de obras en subsistemas de distribución primaria deben sujetarse a las Normas DGE de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización.

Las subestaciones eléctricas deben sujetarse a la Norma EC.030 del presente Reglamento.

En el caso que la red eléctrica del sistema de distribución, afecte la infraestructura vial del país deberá contar con la autorización de uso de derecho de vía proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.»

##### Artículo 5°.- SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA

Es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a baja tensión, desde un subsistema de distribución primaria, a las conexiones.

Los proyectos y la ejecución de obras en subsistemas de distribución secundaria deben sujetarse a las Normas DGE de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización.

##### Artículo 6°.- CONEXIONES

La conexión es el conjunto de elementos abastecidos desde un sistema de distribución para la alimentación de los suministros de energía eléctrica destinados a los usuarios, incluyendo las acometidas y las cajas de conexión, de derivación y/o toma, equipos de control, limitación de potencia, registro y/o medición de la energía eléctrica proporcionada.

La acometida (del usuario o del consumidor) es la derivación que parte de la red de distribución eléctrica para suministrar energía a la instalación del usuario. El Código Nacional de Electricidad amplía esta definición y considera a la acometida como parte de una instalación eléctrica comprendida entre la red de distribución (incluye el empalme) y la caja de conexión y medición o la caja de toma.

El punto de entrega o punto de suministro, es el punto de enlace entre una red de energía eléctrica y un usuario de la energía eléctrica. Para los suministros en baja tensión, se considera como punto de entrega la conexión eléc-

trica entre la acometida y las instalaciones del concesionario.

La acometida de la conexión puede ser subterránea, aérea o aérea subterránea.

Las instalaciones internas particulares de cada suministro deberán iniciarse a partir del punto de entrega, corriendo por cuenta del usuario el proyecto, ejecución, operación y mantenimiento, así como eventuales ampliaciones, renovaciones, reparaciones y/o reposiciones.

## NORMA EC 020

### REDES DE ALUMBRADO PÚBLICO

#### ARTÍCULO 1º.- GENERALIDADES

El alumbrado público tiene por objeto brindar los niveles luminicos en las vías y lugares públicos, proporcionando seguridad al tránsito vehicular y peatonal.

Comprende las vías y lugares públicos tales como, las avenidas, jirones, calles, pasajes, plazas, parques, paseos, puentes, caminos, carreteras, autopistas, pasos a nivel o desnivel, etc.

#### ARTÍCULO 2º.- ALCANCE

Las disposiciones de esta norma son aplicables a todo proceso de alumbrado público para habilitaciones urbanas o rurales, así como a su mantenimiento.

#### ARTÍCULO 3º.- REDES DE ALUMBRADO PÚBLICO

En caso de nuevas habilitaciones urbanas, electrificación de zonas urbanas habitadas o de agrupaciones de viviendas ubicadas dentro de la zona de concesión, le corresponde a los interesados ejecutar las instalaciones eléctricas referentes a la red secundaria y alumbrado público, conforme al proyecto previamente aprobado y bajo la supervisión de la empresa concesionaria que atiende el área.

La prestación del servicio de alumbrado público es de responsabilidad de los concesionarios de distribución, en lo que se refiere al alumbrado general de avenidas, calles, parques y plazas. Y por otro lado, las Municipalidades podrán ejecutar a su costo, instalaciones especiales de iluminación, superior a los estándares que se señale en el respectivo contrato de concesión. En este caso deberán asumir igualmente los costos del consumo de energía, operación y mantenimiento.

En general, el alumbrado público está normado por la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25884 y su Reglamento, el Código Nacional de Electricidad, la Norma DGE «Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución», la Norma DGE «Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales», las demás Normas DGE y Normas Técnicas Peruanas respectivas.

En el caso que las redes de alumbrado público, afecte la infraestructura vial del país deberán contar con la autorización de uso de derecho de vía proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

## NORMA EC 030

### SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

#### Artículo 1º.- GENERALIDADES

Las subestaciones de transformación están conformadas por transformadores de energía que interconectan dos o más redes de tensiones diferentes.

#### Artículo 2º.- ALCANCE

Las disposiciones de esta norma son aplicables a todo proceso de electrificación de habilitación de tierras y de edificaciones.

#### Artículo 3º.- SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

En todo proyecto de habilitación de tierra o en la construcción de edificaciones, deberá reservarse las áreas suficientes para instalación de las respectivas subestaciones de distribución.

En general, el uso, la operación y mantenimiento de las subestaciones eléctricas está normado por la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25884 y su Reglamento,

el Código Nacional de Electricidad, las Normas DGE correspondientes, las Normas Técnicas Peruanas respectivas; así como las disposiciones de Conservación del Medio Ambiente y del Patrimonio Cultural de la Nación.

## NORMA EC 040

### REDES E INSTALACIONES DE COMUNICACIONES

#### Artículo 1º.- OBJETO

Las redes e instalaciones de comunicaciones están vinculadas al desarrollo urbano y de aplicación en las edificaciones.

La presente Norma establece las condiciones que se deben cumplir para la implementación de las redes e instalaciones de comunicaciones en habilitaciones urbanas.

Las redes e instalaciones de comunicaciones en habilitaciones urbanas está referida a toda aquella infraestructura de telecomunicaciones factible de ser instalada en el área materia de habilitación urbana.

El diseño e implementación de la infraestructura de telecomunicaciones para las habilitaciones urbanas deben observar las normas técnicas específicas que aprobará el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### Artículo 2º.- ALCANCE

La presente Norma es de carácter obligatorio para los solicitantes de una habilitación urbana, sean personas naturales o jurídicas y para los responsables de las instalaciones y/o construcción de la infraestructura de telecomunicaciones, así como para aquellos que realizan trabajos o actividades en general, que estén relacionadas con las instalaciones de infraestructura de telecomunicaciones.

La presente Norma se aplica a la implementación de las redes e instalaciones de comunicaciones en un área materia de habilitación urbana, considerando aspectos tales como los siguientes:

1. Diseño y construcción de los sistemas de ductos, conductos y/o canalizaciones subterráneas que permitan la instalación de las líneas de acometida desde los terminales de distribución hasta el domicilio del abonado.
2. Diseño e instalación de las cajas de distribución.
3. Diseño y construcción de canalizaciones y cámaras que permitan la instalación y empalmes necesarios de los cables de distribución.
4. Diseño y construcción de ductos, conductos y/o canalizaciones hasta la cámara de acometida.
5. Instalación de estaciones base y torres para antenas de servicios inalámbricos.
6. Instalaciones de postes, mampostería y elementos necesarios para la instalación de cables aéreos.
7. Toda red e instalaciones en comunicaciones en un área materia de habilitación urbana, en el caso que afecte la infraestructura vial del país deberá contar con la autorización de uso de derecho de vía proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La infraestructura de telecomunicaciones, consideran los siguientes sistemas entre otros:

- Sistemas telefónicos fijos y móviles.
- Sistemas de telefonía pública.
- Sistemas radioeléctricos para enlaces punto a punto y punto a multipunto.
- Sistemas satelitales.
- Sistemas de procesamiento y transmisión de datos.
- Sistemas de acceso a Internet.
- Sistemas de Cableado alámbricos, inalámbricos u ópticos.
- Sistemas de radiodifusión sonora o de televisión.
- Sistemas de protección contra sobretensiones, y de puesta a tierra.
- Sistemas de distribución de energía para sistemas de telecomunicaciones.

La Municipalidad que apruebe el proyecto, autorice su ejecución y esté a cargo de la recepción de obra u otros actos administrativos para la habilitación urbana respectiva, tendrá la responsabilidad de velar que el proyecto cumpla con la presente Norma y las disposiciones que al respecto emita el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Las instalaciones existentes se adecuarán a la presente normativa en los aspectos relacionados con la seguridad de las personas y de la propiedad, para lo cual se tomará en cuenta las normas y recomendaciones del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, el Código Nacional de Electricidad y las normas que fueran pertinentes.

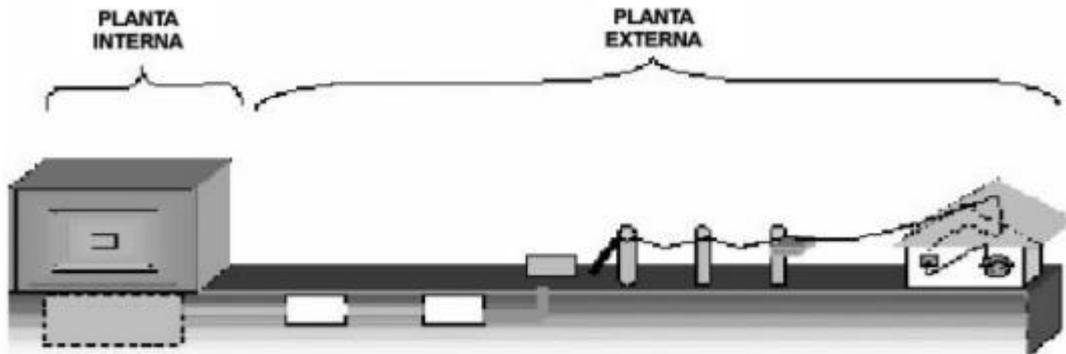
**Artículo 3°.- DEFINICIONES**

Para los propósitos de esta Norma y referidas a la infraestructura de telecomunicaciones se aplican las siguientes:

**INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES:** Es el conjunto de elementos que hacen posible el sistema de comunicaciones. Tiene dos partes básicas

- planta interna
- planta externa.

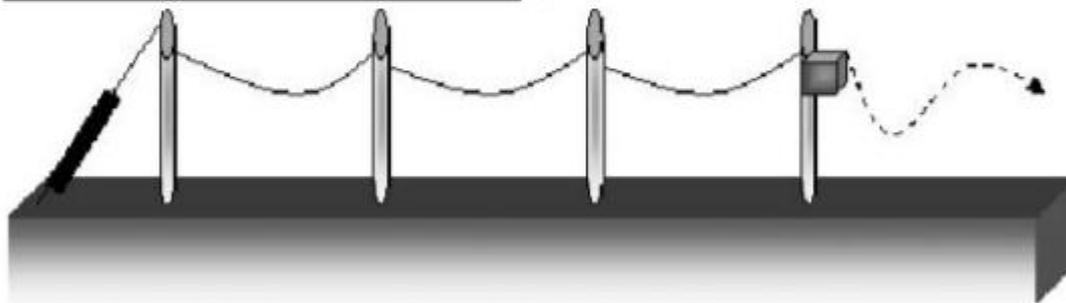
**PLANTA INTERNA:** Conjunto de equipos e instalaciones que se ubican dentro de la edificación que alberga la central, cabecera o nodo del servicio de telecomunicaciones.



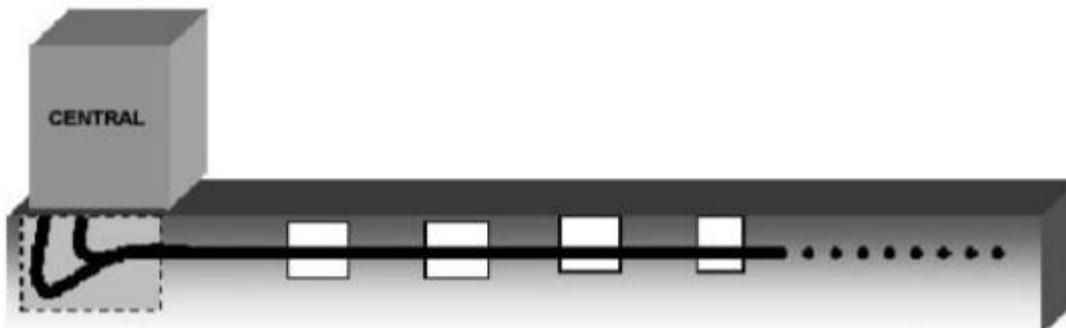
**PLANTA EXTERNA:** Conjunto de construcciones, cables, instalaciones, equipos y dispositivos que se ubican fuera de los edificios de la planta interna hasta el Terminal de distribución.

La planta externa podrá ser:

**AÉREA:** Cuando los elementos que conforman la planta externa están fijados en postes o estructuras.



**SUBTERRÁNEA:** Cuando los elementos que conforman la planta externa se instalan en canalizaciones, cámaras, ductos y conductos.



**LÍNEA DE ACOMETIDA:** Es el medio de conexión entre el aparato Terminal de abonado y el Terminal de distribución.

**TERMINAL DE DISTRIBUCIÓN:** Permite la conexión del cable de distribución con las líneas de acometida.

**CAMARA:** Es la construcción a ejecutarse en el subsuelo, que albergará los empalmes, dispositivos o elementos de conexión de la red de telecomunicaciones, permitiendo además el cambio de dirección y distribución de los cables.

**CANALIZACIÓN:** Es la red de ductos que sirven para enlazar: dos cámaras entre sí, una cámara y un armario, una cámara y una caja de distribución, etc.

**CABECERA:** origen o punto de partida de un sistema de televisión por cable.

**CAJA DE DISTRIBUCIÓN:** Aloja el terminal de distribución y los dispositivos y equipos de la red de telecomunicaciones, proveyendo la seguridad y el espacio necesario para efectuar las conexiones de las líneas de acometida.

**CABLE DE DISTRIBUCIÓN:** Es aquel que alimenta a los terminales de distribución y está conectado a su vez a un armario de distribución.

**ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN:** Permite la conexión del cable de alimentación con los cables de distribución local. Sirve para dar alimentación a la urbanización a atender.

**CÁMARA DE ACOMETIDA:** Permite la conexión de la red subterránea de la urbanización con la red pública de distribución de los servicios públicos de telecomunicaciones.

#### Artículo 4°.- NORMAS GENERALES

La implementación de las redes e instalaciones de comunicaciones en habilitaciones urbanas se registrará por los siguientes principios:

1. La construcción de las redes de distribución de telecomunicaciones en habilitaciones urbanas deben ser subterráneas con excepción de aquellas zonas urbanas de escasos recursos económicos señaladas por la Municipalidad respectiva.

2. Las redes de distribución de los servicios públicos de telecomunicaciones permitirán el acceso al domicilio del abonado en forma subterránea, de conformidad con lo indicado en el párrafo anterior.

3. Los materiales deberán cumplir con las normas técnicas emitidas por la entidad competente.

4. Se deberá prever aspectos de seguridad para asegurar la inviolabilidad y el secreto de las telecomunicaciones, de conformidad con el Texto Único Ordenado (TUO) de la Ley de Telecomunicaciones, su Reglamento General y las normas que fueran pertinentes.

5. Para la elaboración de proyectos, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones se deberá cumplir con las disposiciones de seguridad aplicable, tales como el Código Nacional de Electricidad, los Reglamentos de Seguridad e Higiene Ocupacional, vigentes.

6. En el caso que se dispusiera el acceso y uso compartido de otra infraestructura de uso público, serán aplicables las disposiciones sectoriales y las normas sobre seguridad que regulen dicha infraestructura de uso público.

#### Artículo 5°.- PROYECTO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES EN HABILITACIONES URBANAS

El solicitante de la habilitación urbana deberá presentar a la autoridad competente un Proyecto Técnico para la instalación de infraestructura de telecomunicaciones, como parte del expediente de habilitación urbana. Este Proyecto Técnico deberá observar las disposiciones establecidas en la presente Norma y será firmado y sellado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú. Debe constar en el Proyecto Técnico la participación de otros profesionales de ingeniería según la competencia requerida.

El Proyecto Técnico de infraestructura de telecomunicaciones para una habilitación urbana, debe contener la descripción detallada de todos los elementos que componen la instalación, ubicación, dimensiones, haciendo referencia a las normas que cumplen.

El Proyecto Técnico debe incluir, como mínimo lo siguiente:

1. Memoria descriptiva. En la que se especificarán, como mínimo, lo siguiente: descripción de la infraestructura de los servicios de telecomunicaciones a instalar, premisas de diseño; descripción esquemática del sistema o sistemas a instalar, características técnicas generales del sistema de telecomunicaciones y el metrado de los canales y ductos.

2. Planos. Plano de ubicación y plano de distribución de ductos, conductos, cámaras, pedestales, canalizaciones y accesos domiciliarios de la infraestructura de telecomunicaciones.

3. Presupuesto. Se especificará el número de unidades y precios unitarios de cada una de las partes en que puedan descomponerse los trabajos, debiendo quedar definidas las características, modelos, tipos y dimensiones de cada uno de los elementos.

#### Artículo 6°.- PROCEDIMIENTO PARA LA APROBACIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO

La aprobación del Proyecto Técnico y de su ejecución se registrará por el siguiente procedimiento:

1. Las solicitudes de aprobación de estudios para las habilitaciones urbanas deberán acompañar el Proyecto Técnico para la implementación de la infraestructura de telecomunicaciones e incluirá lo previsto en el Artículo 4° de la presente Norma y de ser el caso y estar previsto en los planes de desarrollo correspondientes, las áreas necesarias para la instalación de centrales telefónicas, concentradores y otros equipos que permitan brindar servicios públicos de telecomunicaciones.

2. La aprobación del Proyecto Técnico estará a cargo de la Municipalidad correspondiente, el mismo que estará previamente refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú. En caso de compartición de infraestructura, la participación de otros profesionales será según la competencia requerida.

3. La empresa responsable del proyecto solicitará a una o más operadoras de servicio público de telecomunicaciones que tenga concesión en esa localidad información que permita la adecuada elaboración del Proyecto Técnico, las mismas que estarán obligadas a suministrar dicha información.

4. La ejecución del Proyecto Técnico, en la instalación de los ductos, cámaras, pedestales e infraestructura necesaria para la red de distribución de los servicios públicos de telecomunicaciones, estará bajo la dirección de un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones y bajo la responsabilidad de la urbanizadora o constructora.

5. Luego se procederá a la inspección técnica del Proyecto Técnico ejecutado y se emitirá un informe refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú, en el cual, de ser el caso se dará la conformidad de la infraestructura de telecomunicaciones y se procederá a la recepción de obra. De no ser conforme la ejecución del proyecto se emitirá un informe de todo aquello que no cumple la infraestructura debidamente sustentado.

6. Los solicitantes de una habilitación urbana entregarán a la Municipalidad el plano definitivo de la infraestructura de telecomunicaciones, registrando todas las modificaciones efectuadas durante el proceso de construcción.

7. El mantenimiento de la infraestructura destinada al servicio de telecomunicaciones será efectuado por la entidad responsable del uso de las instalaciones del servicio público de telecomunicaciones, que podrá ser la operadora de servicios de telecomunicaciones, con la finalidad que se garantice el buen estado, el funcionamiento adecuado y seguro de todas las partes del sistema de telecomunicaciones.

#### Artículo 7°.- INSPECCIONES POSTERIORES A LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES

Las inspecciones posteriores a la infraestructura de telecomunicaciones se podrán realizar de oficio, a solicitud de parte, o por denuncia.

Para la inspección de la modificación de una infraestructura de telecomunicaciones se deberá observar lo siguiente:

1. Se tomará en cuenta los últimos planos de instalación, de emplazamiento y trazado correspondiente que se hayan presentado a la Municipalidad, debidamente firmado y sellado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú.

2. Durante la inspección, la autoridad competente con el adecuado sustento técnico y bajo su responsabilidad, solicitará la modificación de la infraestructura, la sustitución de equipos o materiales no aprobados que no garanticen la seguridad de las personas o de las instalaciones; de no cumplirse tal requerimiento, la autoridad competente no dará su conformidad a la infraestructura construida.

3. La información a ser solicitada a los constructores de las habilitaciones urbanas y a los responsables de las instalaciones de la infraestructura de telecomunicaciones para efectos de inspección sólo será la relacionada con el cumplimiento de la presente Norma y comprenderá todo aquello que permita formar convicción sobre el cumplimiento de la misma.

4. En los casos que por la inspección realizada sea necesario la presentación de información confidencial o privilegiada, el responsable de la inspección está prohibido de publicar o difundir dicha información por cualquier medio.

5. Las inspecciones deben registrarse por los principios de transparencia, veracidad y discrecionalidad.

**ANEXO 5: Introducción y aspectos generales del  
NodeMCU ESP8266EX. Recuperado del datasheet  
ESP8266EX**

---



**ESP8266EX Datasheet**

**Version 4.3**

Espressif Systems IOT Team

<http://bbs.espressif.com/>

Copyright © 2015



#### Disclaimer and Copyright Notice

Information in this document, including URL references, is subject to change without notice. THIS DOCUMENT IS PROVIDED "AS IS" WITH NO WARRANTIES WHATSOEVER, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY, NON-INFRINGEMENT, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY OTHERWISE ARISING OUT OF ANY PROPOSAL, SPECIFICATION OR SAMPLE. All liability, including liability for infringement of any proprietary rights, relating to use of information in this document is disclaimed. No licenses express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights are granted herein.

The Wi-Fi Alliance Member Logo is a trademark of the WiFi Alliance.

All trade names, trademarks and registered trademarks mentioned in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.

Copyright © 2015 Espressif Systems. All rights reserved.



# Table of Contents

- 1. General Overview .....6
  - 1.1. Introduction .....6
  - 1.2. Features .....7
  - 1.3. Parameters .....7
  - 1.4. Ultra Low Power Technology .....9
  - 1.5. Major Applications .....9
- 2. Hardware Overview .....11
  - 2.1. Pin Definitions .....11
  - 2.2. Electrical Characteristics .....13
  - 2.3. Power Consumption .....13
  - 2.4. Receiver Sensitivity .....14
  - 2.5. MCU .....15
  - 2.6. Memory Organization .....15
    - 2.6.1. Internal SRAM and ROM .....15
    - 2.6.2. External SPI Flash .....15
  - 2.7. AHB and AHB Blocks .....16
- 3. Pins and Definitions .....17
  - 3.1. GPIO .....17
    - 3.1.1. General Purpose Input/Output Interface (GPIO) .....17



- 3.2. Secure Digital Input/Output Interface (SDIO) .....18
- 3.3. Serial Peripheral Interface (SPI/HSPI).....18
  - 3.3.1. General SPI (Master/Slave).....18
  - 3.3.2. SDIO / SPI (Slave).....19
  - 3.3.3. HSPI (Master/Slave) .....19
- 3.4. Inter-integrated Circuit Interface (I2C).....19
- 3.5. I2S .....20
- 3.6. Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART).....20
- 3.7. Pulse-Width Modulation (PWM) .....21
- 3.8. IR Remote Control .....22
- 3.9. ADC (Analog-to-digital Converter) .....22
- 3.10. LED Light and Button .....24
- 4. Firmware & Software Development Kit .....26
  - 4.1. Features.....26
- 5. Power Management .....27
- 6. Clock Management .....28
  - 6.1. High Frequency Clock.....28
  - 6.2. External Reference Requirements .....29
- 7. Radio.....29
  - 7.1. Channel Frequencies .....30
  - 7.2. 2.4 GHz Receiver .....30
  - 7.3. 2.4 GHz Transmitter .....30

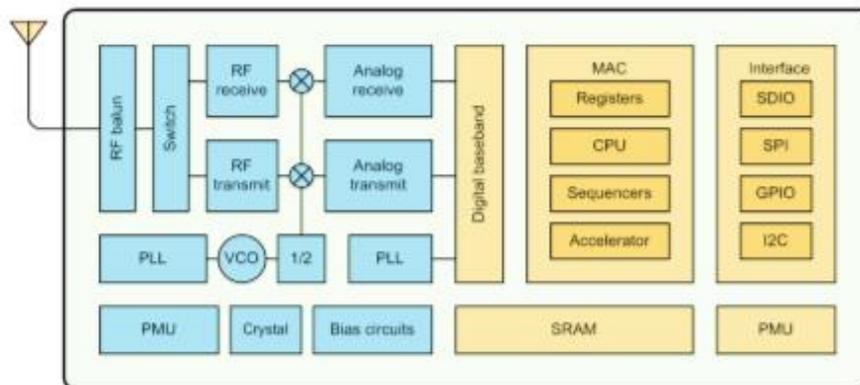


7.4. Clock Generator.....	30
8. Appendix: QFN32 Package Size .....	31

## 1. General Overview

### 1.1. Introduction

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) is a set of high performance, high integration wireless SOCs, designed for space and power constrained mobile platform designers. It provides unsurpassed ability to embed WiFi capabilities within other systems, or to function as a standalone application, with the lowest cost, and minimal space requirement.



**Figure 1 ESP8266EX Block Diagram**

ESP8266EX offers a complete and self-contained WiFi networking solution; it can be used to host the application or to offload WiFi networking functions from another application processor.

When ESP8266EX hosts the application, it boots up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications.

Alternately, serving as a WiFi adapter, wireless internet access can be added to any micro controller-based design with simple connectivity (SPI/SDIO or I2C/UART interface).

ESP8266EX is among the most integrated WiFi chip in the industry; it integrates the antenna switches, RF balun, power amplifier, low noise receive amplifier, filters, power management modules, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

ESP8266EX also integrates an enhanced version of Tensilica's L106 Diamond series 32-bit processor, with on-chip SRAM, besides the WiFi functionalities. ESP8266EX is often integrated with external sensors and other application specific devices through its GPIOs; sample codes for such applications are provided in the software development kit (SDK).



Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) demonstrates sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

### 1.2. Features

- 802.11 b/g/n
- Integrated low power 32-bit MCU
- Integrated 10-bit ADC
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- Supports antenna diversity
- WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
- Support STA/AP/STA+AP operation modes
- Support Smart Link Function for both Android and iOS devices
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IR Remote Control, PWM, GPIO
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4s guard interval
- Deep sleep power <10uA, Power down leakage current < 5uA
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Standby power consumption of < 1.0mW (DTIM3)
- +20 dBm output power in 802.11b mode
- Operating temperature range -40C ~ 125C
- FCC, CE, TELEC, WiFi Alliance, and SRRC certified

### 1.3. Parameters

Table 1 Parameters



Categories	Items	Values
WiFi Parameters	Certificates	FCC/CE/TELEC/SRRC
	WiFi Protocols	802.11 b/g/n
	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)		
Types of Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0~3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA
	Operating Temperature Range	-40°~125°
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	5x5mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	WiFi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Ssoftware Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP



	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/ iOS App
--	--------------------	---

### 1.4. Ultra Low Power Technology

ESP8266EX has been designed for mobile, wearable electronics and Internet of Things applications with the aim of achieving the lowest power consumption with a combination of several proprietary techniques. The power saving architecture operates mainly in 3 modes: active mode, sleep mode and deep sleep mode.

By using advance power management techniques and logic to power-down functions not required and to control switching between sleep and active modes, ESP8266EX consumes about than 60uA in deep sleep mode (with RTC clock still running) and less than 1.0mA (DTIM=3) or less than 0.5mA (DTIM=10) to stay connected to the access point.

When in sleep mode, only the calibrated real-time clock and watchdog remains active. The real-time clock can be programmed to wake up the ESP8266EX at any required interval.

The ESP8266EX can be programmed to wake up when a specified condition is detected. This minimal wake-up time feature of the ESP8266EX can be utilized by mobile device SOCs, allowing them to remain in the low-power standby mode until WiFi is needed.

In order to satisfy the power demand of mobile and wearable electronics, ESP8266EX can be programmed to reduce the output power of the PA to fit various application profiles, by trading off range for power consumption.

### 1.5. Major Applications

Major fields of ESP8266EX applications to Internet-of-Things include:

- Home Appliances
- Home Automation
- Smart Plug and lights
- Mesh Network
- Industrial Wireless Control
- Baby Monitors
- IP Cameras
- Sensor Networks
- Wearable Electronics



**Espressif Systems**

**ESP8266 Datasheet**

- WiFi Location-aware Devices
- Security ID Tags
- WiFi Position System Beacons

