



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVO DE MEDICIÓN  
AUTOMÁTICA DE TEMPERATURA CORPORAL LIBRE DE  
CONTACTO DIRECTO BASADO EN SENSOR INFRARROJO Y  
CON FUNCIONES DE IOT PARA EL CONTROL DE ACCESO.”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES: ARELLANO ESCOBAR MARIO ANDRÉS  
GRANIZO VALLES STEVEN VINICIO**

**DIRECTOR: ING. JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO MSc.**

Riobamba – Ecuador

2021

**©2021, Arellano Escobar Mario Andrés, Granizo Valles Steven Vinicio**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Mario Andrés Arellano Escobar Y Steven Vinicio Granizo Valles, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de junio de 2021



Digitally signed by ARELLANO  
ESCOBAR MARIO ANDRES  
Date: 2021.06.01 16:57:52 ECT  
Reason: ESPOCH  
Location: Riobamba - Ecuador  
ESPOCH DTIC

**Mario Andrés Arellano Escobar**

**060407402-1**



Firmado  
digitalmente por  
STEVEN VINICIO  
GRANIZO VALLES  
Fecha: 2021.06.14  
18:35:14 -05'00'

**Steven Vinicio Granizo Valles**

**060567936-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Dispositivo Tecnológico, **DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE TEMPERATURA CORPORAL LIBRE DE CONTACTO DIRECTO BASADO EN SENSOR INFRARROJO Y CON FUNCIONES DE IOT PARA EL CONTROL DE ACCESO**, realizado por el señor Mario Andrés Arellano Escobar y el señor Steven Vinicio Granizo Valles, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

ING. MAYRA ALEJANDRA PACHECO  
**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ING. JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ING. JORGE LUIS HERNÁNDEZ AMBATO  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios, su bendición y sabiduría me han acompañado en el diario vivir, a mis padres Cecilia y Marco a quienes admiro y amo a sobremanera, ya que se encargaron de guiar, formar y apoyar incondicionalmente en cada etapa de mi vida, con su gran ejemplo y entrega inspiran a entregar lo mejor. A mis hermanos Brayan, Erick y Melany, su apoyo y respaldo siempre está presente, pero sobre todo su amor sin límites. A mi abuelita Laura quien con su amor y cariño llena mi vida.

Steven

El siguiente trabajo de titulación se lo dedico a Dios, él ha sido el artífice, me ha dado toda para llegar a donde estoy, a mi abuelito Cesar Segundo él ha sido una inspiración para mí en todo momento, a mis padres Mario y Lupita ellos son mis formadores y mentores siempre han estado para mí en todo momento y por ellos soy lo que soy, a mi hermana Karen siempre ha creído en mí, me ha cuidado desde niño y es mi referente de vida. A mis tíos y Padrinos Hernán y Tamara en todo momento han velado por mi bienestar, me han brindado sus enseñanzas, apoyo y cariño. A mi tía Piedad, desde el cielo sé que ella estará muy feliz.

Mario

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus infinitas bendiciones, por brindarme la oportunidad de concluir esta gran etapa de mi vida, su amor y gracia me acompañan siempre. A mis padres quienes con su perfecto amor y paciencia han apoyado incondicionalmente cada escalón y aventura, por ser mi principal fuerza y motor en mi vida. A mis hermanos quienes siempre estrecharon sus manos para unir fuerzas y lograr esta gran hazaña. A toda mi familia quienes siempre velan por el bienestar común, por sus palabras de apoyo y aliento. A mi gran amigo y compañero de tesis Mario, quien con su gran compromiso y entrega hizo posible abordar este escalón.

A todos mis amigos y amigas quienes estuvieron apoyándome incondicionalmente en cada paso y objetivos planteados. A todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales que a lo largo de esta gran aventura compartieron sus conocimientos y experiencia.

Steven

Agradezco a Dios por darme la vida mi familia mis amigos y todos los medios para poder realizar todo lo que a mí más me gusta y ahora concluir una de las etapas más importantes. Agradezco a mis papas por darme todo el apoyo desde que nací y en todos los campos en los que he querido desarrollarme, brindarme sus conocimientos, educarme de manera especial, estar ahí conmigo a todo momento. A mi hermana Karen que siempre ha estado al pendiente de mí, siento su cariño cada día de mi vida. A Steven mi equipo y amigo gracias a él podemos cumplir y culminar esta etapa. A todos los que creyeron en mí y vieron algo más en mi interior, a las personas que saben ser docentes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes industriales.

Mario

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>xxi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xxii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Temperatura .....</b>	<b>4</b>
1.1.1 <i>Medición de temperatura .....</i>	<i>5</i>
<b>1.2 Temperatura del cuerpo humano.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Termorregulación del cuerpo humano.....</b>	<b>9</b>
1.3.1 <i>Temperatura corporal central.....</i>	<i>10</i>
<b>1.4 Sensores .....</b>	<b>10</b>
1.4.1 <i>Parámetros de los sensores .....</i>	<i>11</i>
1.4.1.1 <i>Exactitud.....</i>	<i>11</i>
1.4.1.2 <i>Precisión.....</i>	<i>11</i>
1.4.1.3 <i>Rango de funcionamiento.....</i>	<i>12</i>
1.4.1.4 <i>Velocidad de Respuesta.....</i>	<i>12</i>
1.4.1.5 <i>Calibración.....</i>	<i>12</i>
1.4.1.6 <i>Fiabilidad .....</i>	<i>12</i>
1.4.1.7 <i>Distancia Operativa .....</i>	<i>12</i>
1.4.1.8 <i>Histéresis .....</i>	<i>13</i>
1.4.2 <b>Tipos de sensores.....</b>	<b>13</b>

1.4.2.1	<i>Clasificación de los sensores según la energía</i> .....	13
1.4.2.2	<i>Clasificación de los sensores según el principio de funcionamiento</i> .....	13
1.4.2.3	<i>Clasificación de los sensores según la magnitud a medir</i> .....	14
1.5	<b>Sensores de Temperatura</b> .....	15
1.5.1	<b><i>Clasificación de los sensores de Temperatura</i></b> .....	15
1.5.1.1	<i>Termocuplas</i> .....	17
1.5.1.2	<i>Termorresistencias</i> .....	18
1.5.1.3	<i>Termistores</i> .....	18
1.5.1.4	<i>Sensores de temperatura en circuito integrado</i> .....	19
1.5.1.5	<i>Sensores de temperatura Infrarrojos</i> .....	20
1.5.1.6	<i>Sensores de temperatura basados en fibra óptica</i> .....	21
1.5.1.7	<i>Sensores de temperatura inteligentes</i> .....	21
1.6	<b>Sensores de presencia y proximidad</b> .....	22
1.6.1	<b><i>Tipos de sensores de proximidad</i></b> .....	22
1.6.1.1	<i>Finales de carrera</i> .....	23
1.6.1.2	<i>Potenciómetros</i> .....	24
1.6.1.3	<i>Sensor de proximidad magnético</i> .....	25
1.6.1.4	<i>Sensor de proximidad inductivo</i> .....	25
1.6.1.5	<i>Sensor de proximidad capacitivo</i> .....	26
1.6.1.6	<i>Sensor de proximidad óptico</i> .....	27
1.6.1.7	<i>Sensor de proximidad ultrasónico</i> .....	29
1.7	<b>Sistemas de control de acceso</b> .....	29
1.7.1	<b><i>Tipos de control de acceso</i></b> .....	30
1.7.1.1	<i>Sistemas de control de acceso autónomos</i> .....	30
1.7.1.2	<i>Sistemas de control de acceso en red</i> .....	30
1.7.2	<b><i>Componentes de un sistema de control de acceso</i></b> .....	31
1.7.3	<b><i>Tecnologías de auto identificación para el control de acceso</i></b> .....	31
1.7.3.1	<i>Sistemas de control de acceso por proximidad</i> .....	31
1.7.3.2	<i>Sistema de control de acceso por clave</i> .....	32

1.7.3.3	<i>Sistema de control de acceso por tarjetas magnéticas</i> .....	32
1.7.3.4	<i>Sistema de control de acceso biométrico</i> .....	32
1.8	<b>Comunicación I2C</b> .....	33
1.8.1	<i>Trama de transmisión de datos I2C</i> .....	33
1.9	<b>Internet de las cosas (IoT)</b> .....	35
1.9.1	<i>Protocolo de comunicación MQTT</i> .....	35
1.10	<b>Sistema de control</b> .....	36
1.10.1	<i>Tipos de Sistemas de control</i> .....	38
1.10.1.1	<i>Sistema de control de lazo abierto</i> .....	38
1.10.1.2	<i>Sistema de control de lazo cerrado</i> .....	38
1.10.2	<i>Sistema de control de Temperatura</i> .....	39
1.11	<b>Microcontroladores</b> .....	40
1.12	<b>Arduino</b> .....	42
1.12.1	<i>Hardware de Arduino</i> .....	42
1.12.2	<i>Software de Arduino</i> .....	43
1.13	<b>Software de diseño CAD</b> .....	44
1.13.1	<i>SolidWorks</i> .....	44
1.14	<b>Base de datos</b> .....	45
1.14.1	<i>Ubidots</i> .....	45
1.15	<b>Matlab</b> .....	46

## CAPÍTULO II

2.	<b>PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO</b> .....	46
2.1	<b>Requerimientos en el diseño del sistema</b> .....	47
2.2	<b>Arquitectura del prototipo de sistema</b> .....	48
2.3	<b>Diagrama de bloques de los módulos del sistema</b> .....	50
2.3.1	<i>Módulo de medición automática de temperatura corporal (MMTC)</i> .....	50
2.3.2	<i>Módulo de control de acceso automático (MCAA)</i> .....	51
2.3.3	<i>Módulo de comunicación inalámbrica y base de datos (MCIBD)</i> .....	52

2.4	<b>Elementos <i>hardware</i> del prototipo de sistema</b> .....	52
2.4.1	<b><i>Dispositivos de procesamiento</i></b> .....	53
2.4.1.1	<i>Arduino Nano</i> .....	53
2.4.2	<b><i>Dispositivos Sensores</i></b> .....	55
2.4.2.1	<i>Sensor de Temperatura infrarroja MLX90614</i> .....	55
2.4.2.2	<i>Sensor de proximidad APDS9960</i> .....	57
2.4.3	<b><i>Dispositivos para la comunicación inalámbrica</i></b> .....	58
2.4.3.1	<i>NodeMCU V3 ESP8266</i> .....	58
2.4.3.2	<i>Tarjeta SIM900 GSM/GPRS</i> .....	60
2.4.4	<b><i>Elementos actuadores</i></b> .....	61
2.4.4.1	<i>Diodos LED</i> .....	61
2.4.4.2	<i>Pantalla Oled 0.91PLG</i> .....	62
2.4.4.3	<i>Buzzer pasivo</i> .....	64
2.4.5	<b><i>Elementos mecánicos</i></b> .....	65
2.5	<b>Fuentes de Alimentación</b> .....	66
2.5.1	<b><i>Análisis de estudio de consumo de corriente del prototipo de sistema</i></b> .....	66
2.6	<b>Esquemas de conexión</b> .....	69
2.6.1	<b><i>Esquema de conexión del MMTC</i></b> .....	70
2.6.2	<b><i>Esquema de conexión del MCAA</i></b> .....	72
2.6.3	<b><i>Esquema de conexión del MCIBD</i></b> .....	74
2.7	<b>Estructura de redes inalámbricas</b> .....	75
2.8	<b><i>Software del prototipo de sistema</i></b> .....	76
2.8.1	<b><i>Arduino IDE</i></b> .....	76
2.8.1.1	<i>Software del módulo de medición de temperatura corporal</i> .....	77
2.8.1.2	<i>Software del módulo de comunicación inalámbrica y base de datos</i> .....	79
2.8.1.3	<i>Software del módulo de control de acceso automático</i> .....	82
2.8.2	<b><i>Ubidots</i></b> .....	85
2.8.3	<b><i>Matlab</i></b> .....	86
2.8.4	<b><i>SolidWorks</i></b> .....	88

2.9	<b>Implementación del prototipo de sistema</b> .....	90
2.9.1	<i>Módulos del prototipo de sistema</i> .....	90
2.9.2	<i>Base de datos en Ubidots</i> .....	94
2.9.3	<i>Supervisión y monitoreo del sistema</i> .....	95

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>VALIDACIÓN DE PROTOTIPO</b> .....	97
3.1	<b>Caracterización del sensor de temperatura infrarrojo</b> .....	97
3.2	<b>Caracterización del sensor de proximidad óptico</b> .....	127
3.3	<b>Distancia de ubicación de los módulos</b> .....	132
3.4	<b>Confiabilidad y tiempo de respuesta del servidor Ubidots</b> .....	135
3.5	<b>Transferencia de paquetes de datos y estabilidad del sistema</b> .....	139
3.5.1	<i>Comunicación entre módulos MMTC y MCIBD</i> .....	145
3.5.2	<i>Caracterización del módulo de comunicación inalámbrica y base de datos</i> .....	146
3.5.3	<i>Conexión entre módulo de control de acceso automático y base de datos</i> .....	148
3.6	<b>Escalabilidad de la base de datos en Ubidots</b> .....	149
3.7	<b>Consumo energético de Prototipo de Sistema</b> .....	150

### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA</b> .....	155
4.1	<b>Presupuesto del Prototipo de Sistema</b> .....	155
4.2	<b>Estudio comparativo con otros sistemas y prototipos similares</b> .....	156

<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>160</b>
---------------------------	------------

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>163</b>
------------------------------	------------

### **GLOSARIO**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Variaciones promedias de la temperatura rectal de un humano sobre un periodo de 24 horas .....	8
<b>Figura 2-1:</b> Parte central del cuerpo, temperaturas por zonas y periferia .....	9
<b>Figura 3-1:</b> Ejemplos comerciales de finales de carrera .....	24
<b>Figura 4-1:</b> Potenciómetro Lineal y Rotativo .....	24
<b>Figura 5-1:</b> Ejemplos comerciales de sensores magnéticos .....	25
<b>Figura 6-1:</b> Ejemplos comerciales de sensores inductivos .....	26
<b>Figura 7-1:</b> Ejemplos comerciales de sensores capacitivos .....	27
<b>Figura 8-1:</b> Ejemplos comerciales de sensores ópticos de reflexión directa.....	28
<b>Figura 9-1:</b> Tipos de sensores de proximidad ópticos .....	28
<b>Figura 10-1:</b> Ejemplos comerciales de sensores de proximidad ultrasónicos.....	29
<b>Figura 11-1:</b> Trama de una transmisión del protocolo I2C.....	34
<b>Figura 12-1:</b> Configuración típica de conexión maestro/esclavo I2C.....	35
<b>Figura 13-1:</b> Esquema general de un sistema de control .....	37
<b>Figura 14-1:</b> Elementos de un sistema de control de lazo abierto .....	38
<b>Figura 15-1:</b> Elementos de un sistema de control de lazo cerrado.....	39
<b>Figura 16-1:</b> Sistema de control de temperatura de un horno eléctrico .....	40
<b>Figura 17-1:</b> Arquitectura de procesamiento de Von Neumann .....	41
<b>Figura 18-1:</b> Arquitectura de procesamiento de Harvard.....	41
<b>Figura 19-1:</b> Ventana principal <i>software</i> IDE de Arduino.....	43
<b>Figura 1-2:</b> Arquitectura general del sistema de medición automática de temperatura corporal libre de contacto directo y control de acceso. ....	48
<b>Figura 2-2:</b> Diagrama de bloques del MMTC.....	50
<b>Figura 3-2:</b> Diagrama de bloques del MCAA.....	51
<b>Figura 4-2:</b> Diagrama de bloques del MCIBD.....	52
<b>Figura 5-2:</b> Arduino Nano.....	54
<b>Figura 6-2:</b> Sensor de temperatura infrarroja MLX90614 .....	56
<b>Figura 7-2:</b> Sensor de proximidad APDS9960 .....	57

<b>Figura 8-2:</b> NodeMCU V3 ESP8266 .....	59
<b>Figura 9-2:</b> Tarjeta SIM900 GSM/GPRS .....	60
<b>Figura 10-2:</b> Diodos LED rojo y verde de alta intensidad .....	62
<b>Figura 11-2:</b> Pantalla Oled de 0.91 pulgadas .....	63
<b>Figura 12-2:</b> Buzzer Pasivo.....	64
<b>Figura 13-2:</b> Cerradura EC-C2000-290S .....	65
<b>Figura 14-2:</b> Esquema de Conexión del MMTTC.....	70
<b>Figura 15-2:</b> Modulo de medición de temperatura corporal fisico. ....	71
<b>Figura 16-2:</b> Esquema de Conexión principal del MCAA.....	72
<b>Figura 17-2:</b> Esquema de Conexión fisico del MCAA.....	73
<b>Figura 18-2:</b> Esquema de Conexión del MCIBD.....	74
<b>Figura 19-2:</b> Placa electrónica del MCIBD .....	75
<b>Figura 20-2:</b> Redes WLAN configuradas en el sistema general.....	75
<b>Figura 21-2:</b> Diagrama de flujo del módulo de medición de temperatura corporal.....	78
<b>Figura 22-2:</b> Diagrama de flujo del módulo de conexión inalámbrica y base de datos.....	81
<b>Figura 23-2:</b> Diagrama de flujo para el módulo de control de acceso automático .....	83
<b>Figura 24-2:</b> Diagrama de flujo del proceso en Ubidots.....	85
<b>Figura 25-2:</b> Diagrama de flujo del proceso en Matlab .....	87
<b>Figura 26-2:</b> Diagrama de flujo del proceso en SolidWorks .....	89
<b>Figura 27-2:</b> Diseño del sólido para el MMTTC en SolidWorks.....	90
<b>Figura 28-2:</b> Módulos del prototipo de sistema implementados des energizados. ....	91
<b>Figura 29-2:</b> Módulos del prototipo de sistema implementados puestos en funcionamiento. ....	92
<b>Figura 30-2:</b> Módulo de medición de temperatura corporal implementado .....	93
<b>Figura 31-2:</b> Módulo de control de acceso implementado.....	93
<b>Figura 32-2:</b> Módulo de comunicación inalámbrica y base de datos implementado.....	94
<b>Figura 33-2:</b> Base de datos implementada en Ubidots.....	95
<b>Figura 34-2:</b> Resultado estadístico de temperatura corporal obtenida en Ubidots. ....	95
<b>Figura 35-2:</b> Tablero de control y supervisión en Ubidots. ....	96
<b>Figura 1-3:</b> Pistola de medición de temperatura Berrcom JXB182 .....	97

<b>Figura 2-3:</b> Elemento Calibrador manual Stanley 78-201. ....	127
<b>Figura 3-3:</b> Ubicación y distribución de los módulos MMTC y MCIBD.....	132
<b>Figura 4-3:</b> Velocidad de transmisión y recepción de datos de la red WLAN empleada para la prueba de conexión medida en Open Speed Test.....	133
<b>Figura 5-3:</b> Intensidad de señal y calidad de comunicación inalámbrica medida en <i>software</i> inSSIDer. ....	134
<b>Figura 6-3:</b> Registro de tiempo de respuesta del Prototipo de Sistema en Stopwatch and Timer. ....	136
<b>Figura 7-3:</b> Mediciones de temperatura corporal registradas en Ubidots. ....	140
<b>Figura 8-3:</b> Monitoreo de medición de temperatura corporal en Arduino IDE. ....	140
<b>Figura 9-3:</b> Monitoreo de envío de datos hacia la plataforma Ubidots en Arduino IDE.....	141
<b>Figura 10-3:</b> Monitoreo de envío exitoso de datos en la plataforma Ubidots.....	141
<b>Figura 11-3:</b> Monitoreo de alerta en envío de datos hacia Ubidots en Arduino IDE. ....	142
<b>Figura 12-3:</b> Monitoreo de habilitación de acceso automático al usuario en Arduino IDE.....	143
<b>Figura 13-3:</b> Monitoreo de bloqueo de acceso automático al usuario en Arduino IDE.....	143
<b>Figura 14-3:</b> Multímetro digital Proskit MT1233C .....	151
<b>Figura 1-4:</b> Precio de pistola de medición de temperatura Berrcom JBX-182 en el mercado..	157
<b>Figura 2-4:</b> Precio de sistema de medición de temperatura Sunchip AD-08A en el mercado..	158

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-3:</b> Gráfica circular de comunicación entre módulos MMTC y MCIBD.....	146
<b>Gráfica 2-3:</b> Gráfica circular de comunicación entre módulo MCIBD y base de datos en Ubidots .....	147
<b>Gráfica 3-3:</b> Gráfica circular de comunicación entre módulo MCAA y base de datos en Ubidots .....	148
<b>Gráfica 4-3:</b> Potencia consumida por el Prototipo de Sistema en 1 hora (Wh) .....	153
<b>Gráfica 5-3:</b> Consumo total eléctrico del prototipo de sistema (KWh). .....	154
<b>Gráfica 6-3:</b> Comparativa del consumo total eléctrico del prototipo de sistema y un foco de 50W en un mes (KWh). .....	154

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Unidades de temperatura y relación. ....	5
<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación de los sensores según la magnitud a medir.....	14
<b>Tabla 3-1:</b> Clasificación de los dispositivos sensores de medición de temperatura. ....	16
<b>Tabla 4-1:</b> Tipos de termocuplas.....	17
<b>Tabla 5-1:</b> Tipos de sensores de proximidad.....	23
<b>Tabla 1-2:</b> Características principales de Arduino Nano .....	54
<b>Tabla 2-2:</b> Principales características de sensor de temperatura infrarroja MLX90614.....	56
<b>Tabla 4-2:</b> Características principales NodeMCU V3 ESP8266.....	59
<b>Tabla 5-2:</b> Características principales Tarjeta SIM900 GSM/GPRS .....	61
<b>Tabla 6-2:</b> Características de un diodo LED de color rojo de alta intensidad.....	62
<b>Tabla 7-2:</b> Características de una pantalla Oled de 0,91 pulgadas.....	63
<b>Tabla 8-2:</b> Características técnicas principales de buzzer pasivo .....	64
<b>Tabla 9-2:</b> Características de Cerradura EC-C2000-290S .....	65
<b>Tabla 10-2:</b> Fuentes de alimentación empleadas en el sistema.....	66
<b>Tabla 11-2:</b> Análisis de consumo de corriente nominal del MMTC.....	67
<b>Tabla 12-2:</b> Análisis de consumo de corriente del MMTC mediante medición física.....	67
<b>Tabla 13-2:</b> Análisis de consumo de corriente nominal del MCIBD.....	68
<b>Tabla 14-2:</b> Análisis de consumo de corriente DC del MCIBD medido físicamente.....	68
<b>Tabla 15-2:</b> Análisis de consumo de corriente nominal del MCAA.....	69
<b>Tabla 16-2:</b> Mediciones de consumo de corriente DC del MCAA.....	69
<b>Tabla 1-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (A) .....	99
<b>Tabla 2-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (B).....	100
<b>Tabla 3-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (C).....	101
<b>Tabla 4-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (D) .....	102

<b>Tabla 5-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (E).....	103
<b>Tabla 6-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (F).....	104
<b>Tabla 7-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (G).....	105
<b>Tabla 8-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (H).....	106
<b>Tabla 9-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (I).....	107
<b>Tabla 10-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (J).....	108
<b>Tabla 11-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (K).....	109
<b>Tabla 12-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (L).....	110
<b>Tabla 13-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (M).....	111
<b>Tabla 14-3:</b> Coeficientes del algoritmo de compensación diseñado para el prototipo del sistema.....	111
<b>Tabla 15-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (A).....	113
<b>Tabla 16-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (B).....	114
<b>Tabla 17-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (C).....	115
<b>Tabla 18-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (D).....	116
<b>Tabla 19-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (E).....	117
<b>Tabla 20-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (F).....	118

<b>Tabla 21-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (G) .....	119
<b>Tabla 22-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (H) .....	120
<b>Tabla 23-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (I).....	121
<b>Tabla 24-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (J).....	122
<b>Tabla 25-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (K) .....	123
<b>Tabla 26-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (L).....	124
<b>Tabla 27-3:</b> Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (M).....	125
<b>Tabla 28-3:</b> Estadísticos descriptivos de las mediciones de temperatura corporal. ....	125
<b>Tabla 29-3:</b> Media de error relativo presente en el sensor de temperatura infrarrojo MLX90614. ....	126
<b>Tabla 30-3:</b> Error absoluto del sensor de proximidad óptico APDS9960.....	129
<b>Tabla 31-3:</b> Error absoluto del sensor de proximidad óptico APDS9960.....	130
<b>Tabla 32-3:</b> Estadísticos descriptivos de las mediciones de distancia del sensor APDS9960 e instrumento de medición patrón. ....	131
<b>Tabla 33-3:</b> Media de error relativo presente en el sensor de proximidad óptico APDS9960..	131
<b>Tabla 34-3:</b> Registro de tiempos de respuesta del Prototipo de Sistema (A).....	137
<b>Tabla 35-3:</b> Registro de tiempos de respuesta del Prototipo de Sistema (B).....	138
<b>Tabla 36-3:</b> Registro de tiempos de respuesta del Prototipo de Sistema (C).....	139
<b>Tabla 37-3:</b> Transferencia de paquetes de datos con respecto a errores del sistema y alertas. .	144
<b>Tabla 38-3:</b> Transferencia de paquetes de datos generados por el prototipo de sistema. ....	145
<b>Tabla 39-3:</b> Comunicación entre módulos MMTc y MCIBD.....	146
<b>Tabla 40-3:</b> Comunicación entre módulo MCIBD y base de datos en Ubidots.....	147
<b>Tabla 41-3:</b> Caracterización y comunicación del MCAA con base de datos en Ubidots. ....	148
<b>Tabla 42-3:</b> Almacenamiento y capacidad de la Data Base en Ubidots.....	149

<b>Tabla 43-3:</b> Potencia consumida del Prototipo de Sistema.....	152
<b>Tabla 44-3:</b> Consumo eléctrico de Prototipo de Sistema .....	153
<b>Tabla 1-4:</b> Costo total de Prototipo de Sistema.....	155
<b>Tabla 2-4:</b> Comparativa entre el prototipo de sistema implementado y pistola de temperatura Berrcom JXB182.....	157
<b>Tabla 3-4:</b> Comparativa entre el prototipo de sistema implementado y Sistema de Medición de temperatura corporal Sunchip AD-08A. ....	159

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

*V*: Tensión

*A*: Amperios

*W*: Vatios

*Wh*: Vatios por hora

*WLAN*: Wireless Local Area Network

*Wifi*: Wireless Fidelity

*HTTP*: Hyper Text Transfer Protocol

*I2C*: Circuit Inter Integer

*MMTC*: Módulo de medición de temperatura corporal.

*MCIBD*: Módulo de comunicación inalámbrica y base de datos

*MCAA*: Módulo de control de acceso automático

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DATASHEET DISPOSITIVOS MICROCONTROLADORES EMPLEADOS

**ANEXO B:** CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN MÓDULO DE MEDICIÓN DE  
TEMPERATURA CORPORAL

**ANEXO C:** CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN MÓDULO DE CONTROL DE ACCESO  
AUTOMÁTICO

**ANEXO D:** IMÁGENES DE PRUEBAS E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DE  
SISTEMA

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo implementar un prototipo de sistema de medición automática de temperatura corporal libre de contacto directo basado en sensor infrarrojo y con funciones de IoT para el control de acceso, compuesto por tres módulos. El primero, de medición de temperatura corporal, se encarga de medir la temperatura al usuario a cinco centímetros de distancia. El segundo módulo, de comunicación inalámbrica y base de datos, bajo el protocolo IEEE 802.11, establece una comunicación, conexión e intercambio de datos con servidores de acceso local y remoto mediante red GSM. El tercero, de control de acceso automático, mediante conectividad WLAN obtiene información desde la base de datos para habilitar o bloquear el acceso en función de la temperatura medida. A la vez, este sistema presenta una base de datos con almacenamiento en la nube desarrollada en la plataforma de Ubidots, la cual permite realizar un registro y supervisión de las mediciones captadas, la hora y el lugar en donde fueron tomadas. Este sistema fue sometido a pruebas de funcionamiento, determinando que el prototipo de sistema al medir la temperatura corporal está dentro del rango de precisión de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , la distancia máxima de conexión inalámbrica del módulo de control de acceso es de 15.4 metros. En pruebas de transferencia de paquetes de datos se obtuvo una eficiencia de 99.40%, y en pruebas de estabilidad y funcionalidad de sistema un 99.25%. Se concluye que el prototipo de sistema permite la medición automática de la temperatura corporal, registro de esta información en una base de datos y control de acceso automático en función de la temperatura medida. Para futuros proyectos e investigaciones se recomienda el uso de visión artificial con cámaras para medir la temperatura corporal de manera autónoma, y disminuir el tiempo de respuesta con el uso y empleo de otra tecnología en microcontroladores y tarjetas de comunicación inalámbrica.

**Palabras clave:** <MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL>, <TECNOLOGÍA DE CONTROL DE ACCESO>, <COMUNICACIÓN INALÁMBRICA>, <AUTOMATIZACIÓN>, <SISTEMAS EMBEBIDOS>, <SISTEMAS AUTÓNOMOS>, <ELECTRÓNICA DIGITAL>.



05/03/2021  
0723-DBRAI-UPT-2021

## **ABSTRACT**

The present degree work aims to implement a prototype of a direct contact free automatic body temperature measurement system based on an infrared sensor and with IoT functions for access control, composed of three modules. The first, body temperature measurement, is responsible for measuring the user's temperature from five centimeters away. The second module, for wireless communication and database, under the IEEE 802.11 protocol, establishes communication, connection and data exchange with local and remote access servers via GSM network. The third, automatic access control, through WLAN connectivity obtains information from the database to enable or block access based on the measured temperature. At the same time, this system presents a database with storage in the cloud developed on the Ubidots platform, which allows a record and supervision of the measurements captured, the time and the place where they were taken. This system was subjected to operational tests, determining that the prototype system when measuring body temperature is within the precision range of  $\pm 0.3$  ° C, the maximum wireless connection distance of the access control module is 15.4 meters. In data packet transfer tests, an efficiency of 99.40% was obtained, and in stability tests and system functionality 99.25%. It is concluded that the prototype of the system allows the automatic measurement of body temperature, recording of this information in a database and automatic access control based on the measured temperature. For future projects and research, the use of artificial vision with cameras is recommended to measure body temperature autonomously and reduce the response time with the use and use of other technology in microcontrollers and wireless communication cards.

**KEYWORDS:** <BODY TEMPERATURE MEASUREMENT>, <ACCESS CONTROL TECHNOLOGY>, <WIRELESS COMMUNICATION>, <AUTOMATION>, <EMBEDDED SYSTEMS>, <STAND-ALONE SYSTEMS>, <DIGITAL ELECTRONICS>.

## INTRODUCCIÓN

La temperatura se estudia como una medida de la energía cinética del promedio de las partículas que constituyen un cuerpo. Si la energía cinética es grande, mayor será la temperatura que posee dicho cuerpo. Para medir la temperatura de un cuerpo se emplea una escala de temperatura. En la actualidad, se emplean cuatro escalas, las cuales son: Celsius, Kelvin, Fahrenheit y Rankine (Lab-Volt, 2005).

La temperatura es una magnitud conocida, pero posee dificultad de entenderla por completo, ya que todos tenemos una noción clara de esta percepción, por ejemplo, cuando tomamos una bebida hirviente, se sabe que la misma está caliente y sabemos desde hace mucho tiempo que las propiedades físicas de la materia dependen de la temperatura: así, el agua líquida se transforma en hielo cuando hace suficiente frío. Pero esta intuición y percepción sensorial de la temperatura es inexacta y, a menudo, conduce a malentendidos: por lo tanto, durante un tiempo soleado, una temperatura externa de  $-5^{\circ}\text{C}$  parece más agradable en la montaña; por el contrario, la temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  parece congelarse en la sombra. Por tanto, bajo ninguna circunstancia debemos creer que nuestros sentidos y percepciones definen el concepto de temperatura. Para la temperatura, las sensaciones de calor y frío están relacionadas, pero para pasar de esta sensación a la definición de cantidades físicas mensurables, la historia debe pasar por varias etapas y siglos (Picquart & Carrasco Morales, 2017).

La medición de la temperatura se basa en la aplicación de la ley cero de la termodinámica, que establece: “Si a un objeto con cierta temperatura entra en rango de contacto con otro, estos 2 absorben o ceden temperatura hasta que los 2 obtengan la misma temperatura”. Por lo tanto, las temperaturas de los objetos serán las mismas (Francois, 2015).

Todos los instrumentos de medición de temperatura, independientemente del tipo y funcionamiento, poseen una escala de 0 a 100%, si dichos instrumentos son calibrados adecuadamente. En ocasiones, la lectura no será la correcta, esto debido a que las propiedades de expansión de los líquidos fluctúan o varían. Cuando se presenta este problema, se procede a realizar una elección arbitraria, lo cual resulta correcto para muchos casos, pero no para todos. Es por esto que se presenta la posibilidad de definir una escala de temperatura de un gas ideal como base obligatoria de todo trabajo de investigación y ciencia. (Beltrán, 2003).

En la actualidad, el mundo entero está atravesando la crisis más grande y trágica de las últimas décadas, esto, debido a la aparición de la COVID-19. Este virus se ha encargado de causar estragos a un nivel realmente inquietante, como crisis económicas extremas, sistemas de salud colapsados, innumerables pérdidas humanas, aislamiento humano masivo, etc.

Por lo que se han tomado diversas alternativas para controlar la propagación del virus en todo el mundo. Una de las maneras en las que por ahora se puede controlar la propagación, es controlando y tomando la temperatura corporal de las personas, ya que uno de los síntomas que presentan los individuos contagiados por el virus, es la temperatura alta o anormal. Existen diferentes métodos para medir la temperatura corporal, como la cámara de temperatura, la cual permite visualizar en tiempo real la temperatura de las personas mediante visión espectral de temperatura, arrojando una medición con una precisión muy alta, pero este dispositivo tiene un precio muy elevado debido a sus características y componentes.

Otro dispositivo bastante empleado para tomar la temperatura corporal es la pistola de medición temperatura, este dispositivo es de fácil acceso a todas las personas debido a su producción masiva, pero el mismo presenta problemas de precisión en los valores de temperatura corporal medidos, ya que influyen muchos factores al momento de su medición, como son: La distancia entre la pistola de medición de temperatura y la persona al tomar la medición, cantidad de luz en el ambiente, parte del cuerpo en donde se realiza la medición, y el porcentaje de error en las mediciones que presenta cada dispositivo medidor de temperatura. A demás necesita de una persona que lo opere. Por lo que su eficacia y exactitud de medición entra en duda dependiendo del dispositivo empleado. Una de sus principales desventajas es que existe contacto directo entre el operario de la pistola de medición y la persona a ser medida, aumentando el riesgo de contagio del virus.

El presente proyecto tiene la finalidad de desarrollar un dispositivo de medición automática de temperatura corporal libre de contacto directo que mejore el error de medición presente en otros dispositivos de medición de temperatura, se encargue de tomar las mediciones de manera autónoma, sin la intervención de un operador. A la vez, implementar un sistema de control de acceso automático a un determinado sitio en función de la temperatura que ha sido medida al usuario. Con esto, se consigue controlar la propagación del virus de manera eficiente mediante un prototipo compacto, y lo más importante, que opera de manera autónoma, permitiendo alarmar a los usuarios del prototipo y tomar las medidas necesarias para precautelar la salud y bienestar de todos.

Ante lo mostrado, se requiere establecer el objetivo principal del trabajo, desarrollar un prototipo de sistema para la medición automática de temperatura corporal libre de contacto directo, mejorando el error generado por la distancia de medición, para lo cual se determinan los objetivos específicos:

- Determinar las técnicas actuales de medición de temperatura corporal sin contacto.
- Determinar las características y requerimientos que debe cumplir el dispositivo de medición automática, así como los componentes que se emplearán para la construcción del instrumento.

- Desarrollar el algoritmo que permita compensar el error de mediciones a menos de 0.5°C.
- Desarrollar un protocolo de pruebas para validar el correcto funcionamiento del dispositivo.
- Desarrollar un método de acceso automático en función de la temperatura corporal medida.
- Crear una base de datos de acceso remoto para el registro y supervisión de las mediciones de temperatura corporal.

El texto expuesto a continuación se encuentra separado en tres capítulos, cada uno de los cuales se enfoca en un área específica del trabajo desarrollado y a su vez contribuye en el cumplimiento de los objetivos planteados. En el primer capítulo se aborda el marco teórico relacionado a la temperatura corporal, termorregulación, tecnologías y métodos para medir la temperatura corporal, sensores de temperatura, sensores de proximidad, comunicación entre dispositivos electrónicos, sistemas de control y compensación, entorno y lenguaje Arduino, y finalmente *software* de modelado virtual. El segundo capítulo corresponde al marco metodológico y en él se procede con la definición de requerimientos del dispositivo propuesto, así como también la selección de herramientas *software* y materiales *hardware* necesarios para la implementación del prototipo. Finalmente, el tercer capítulo comprende los resultados conseguidos tras una elaborada serie de pruebas al prototipo final, con su respectiva discusión y análisis. Las conclusiones han sido desarrolladas de acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas ejecutadas y las recomendaciones están enfocadas a futuras investigaciones que pueden mejorar el sistema.

# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El presente capítulo contiene el estudio teórico fundamental para llevar a cabo el trabajo de titulación, considerando como punto principal la seguridad y el cuidado de la salud de las personas frente a la problemática actual con la presencia de la COVID-19 en el ambiente, a través del uso de un dispositivo de medición automática de temperatura corporal libre de contacto directo; para ello se realiza un análisis enmarcado, entre otros aspectos; la temperatura corporal, tecnologías empleadas en la medición de temperatura, termorregulación, sensores de temperatura, sensores de proximidad, comunicación entre dispositivos electrónicos, sistemas de control y compensación, entorno y lenguaje Arduino, para de esta manera, evitar la propagación de del virus en las personas midiendo la temperatura corporal de manera eficiente y autónoma. Además, de implementar un sistema de control de acceso automático en función de la temperatura medida, con su respectiva base de datos de acceso remoto para el control, supervisión y monitoreo del sistema en general.

### 1.1 Temperatura

Se la establece como un concepto métrico, ya que hace referencia a la energía cinética promedio de las partículas que constituyen un cuerpo. Es aquel estado de frío o caliente que puede estar en un cuerpo u objeto. Esta percepción indica que el calor es un flujo de un cuerpo caliente a uno frío, el cual, siendo el calor un fluido que entra o sale de los cuerpos. Los efectos térmicos dependen de la intensidad de calor que se dan en las reacciones químicas, y, el calor al igual que la temperatura, al ser propiedades intensivas, son factibles de medir y tienen un valor constante en cualquier parte de un sistema en equilibrio (Camacho González & Pérez Miranda, 2005).

Dentro del estudio del modelo dinámico se puede caracterizar la concepción del calor como energía y temperatura, y la medida de la misma explica la cantidad de calor presente en un cuerpo, la cual tiene la propiedad de transformarse, manteniendo de esta manera el principio de conservación. En la dimensión epistemológica, estos conceptos son utilizados como herramientas explicativas de los intercambios de la energía de un sistema con el medio y de las fuerzas o movimiento de las partículas, involucrando también a la velocidad de reacción (Camacho González & Pérez Miranda, 2005).

### 1.1.1 Medición de temperatura

Todos los instrumentos de medición de temperatura, independientemente del tipo y funcionamiento, poseen una escala de 0 a 100%, esto se cumple si dichos instrumentos son calibrados adecuadamente. En ocasiones, la lectura no será la correcta, esto debido a que las propiedades de expansión de los líquidos fluctúan o varían. Cuando se presenta este problema, se procede a realizar una elección arbitraria, lo cual resulta correcto para muchos casos, pero no para todos. Es por esto que se presenta la posibilidad de definir una escala de temperatura de un gas ideal como base obligatoria de todo trabajo de investigación y ciencia (Beltrán, 2003).

La temperatura se mide sobre una escala de temperatura, en la actualidad se emplean 4 escalas para la medición de la temperatura, las cuales se exponen en la tabla 1-1:

- La escala Celsius;
- La escala Kelvin;
- La escala Fahrenheit y
- La escala Rankine (Lab-Volt, 2005).

**Tabla 1-1:** Unidades de temperatura y relación.

Escala	Cero Absoluto	Fusión del Hielo	Evaporación
Kelvin	0°K	273.2°K	373.2°K
Rankine	0°R	491.7°R	671.7°R
Reamur	-2108.5°Re	0°Re	80.0°Re
Centígrada	-273.2°C	0°C	100.0°C
Fahrenheit	-459.7°F	32°F	212.0°F

Fuente: (Beltrán, 2003)

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2020.

Los sensores de temperatura poseen un principio de medición, el cual se basa en emplear componentes y materiales que poseen características y comportamientos especiales frente a cambios de variable, estos materiales pueden ser sensibles al someterlos a temperatura, y como características propias puede poseer buena repetitividad, baja histéresis, desgaste, una precisión alta, desempeño estable y confiable, entre otros (Rubio, 2014).

Cuando se trata de temperatura, los sensores más populares y empleados son las termocuplas, debido a su confiabilidad y amplio rango de operación, pudiendo ser aplicados en diferentes campos de aplicación y ambientes, ya que poseen rangos de medición de hasta -270°C, y el límite superior de hasta 1800°C (Rubio, 2014).

Los sensores analógicos, como las termocuplas y los sistemas de adquisición de datos son muy empleados en los sistemas de medición. Para hacer uso de este sistema de medición es necesario el empleo de microcontroladores, los cuales poseen características especiales que les permiten adaptarse a las necesidades del mismo. También existen diversos componentes y dispositivos que son diseñados para conectarse de manera directa a los puertos I/O del microcontrolador, contribuyendo positivamente al circuito que se está diseñando (Rubio, 2014).

El campo de medida (range), es muy importante en un sistema de medición de temperatura, ya que describe el espectro o conjunto de valores de la variable sometida a medición que están comprendidos dentro de los límites de la capacidad de medición, tanto superior como inferior, de la recepción y de la transmisión del instrumento. De aquí parte la rangeabilidad (Rangeability), el cual es el cociente entre el valor de la medida superior y la medida inferior del instrumento. El alcance (span), es un parámetro importante, el cual es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida que posee el instrumento (Rubio, 2014).

Cuando se realiza mediciones, cada medida está susceptible a errores, al cual se lo conoce como error estático, se presente cual el proceso está en condiciones de régimen permanente. En condiciones dinámicas, el instrumento de medición tiene características comunes a los sistemas físicos, como la absorción de la energía y la transferencia de la misma, generando retardos en la lectura del dispositivo, a este suceso se lo conoce como error dinámico. La exactitud (accuracy), es un aspecto primordial en la termometría, ya que la misma describe el grado de aproximación del valor medido al valor real, es decir, esta cualidad es crucial en el instrumento, ya que describe su eficiencia de medición. Esta característica viene dada desde la fabricación del instrumento, y describe los errores cometidos cuando se emplea el instrumento de medida en condiciones normales durante un periodo determinado de tiempo (Rubio, 2014).

El grado de dispersión del resultado de una medida realizada bajo condiciones específicas describe la precisión de una medida, ya que debido a la cualidad del instrumento tiende a dar lecturas muy cercanas unas de otras, con un grado de dispersión relativamente bajo. La incertidumbre de medida (uncertainty), por otro lado, es un parámetro asociado al resultado de una medida, la cual caracteriza la dispersión de los valores a la variable particular sujeta a medición. Por ejemplo: Temperatura, es un estimado de la magnitud del campo expresada con un nivel de confianza determinada (Rubio, 2014).

La trazabilidad (traceability), es el resultado de las mediciones realizadas con un instrumento o con un patrón, los cuales puede relacionarse con patrones nacionales o internacionales, que se realiza mediante una cadena de comparaciones, cada una de estas con incertidumbres determinadas en cada comparación. La zona muerta (dead zone o dead band), describe el campo

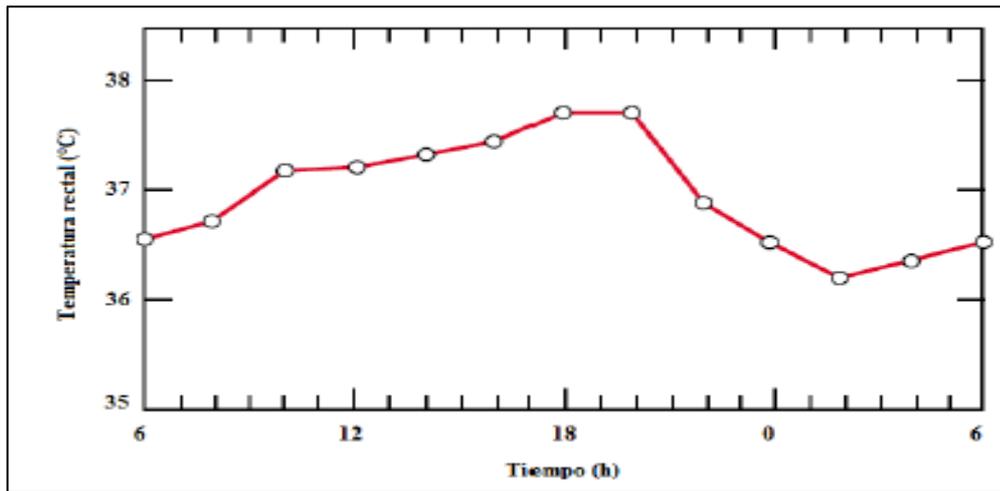
de valores de la variable en los que no varía la indicación o la señal de salida del instrumento a utilizar, este parámetro no produce una respuesta (Rubio, 2014).

La sensibilidad (sensitivity), describe el incremento de la señal de salida (medida), y el incremento de la variable que lo ocasiona, esto, cuando se ha alcanzado un estado de reposo. La repetibilidad (repeatability), muestra la capacidad de reproducción de las mediciones realizadas de manera continua cuando se realiza el mismo procedimiento, instrumento, condiciones de trabajo, instrumentista, tiempo y lugar. La histéresis (hysteresis), es la diferencia máxima en los valores indicados por la señal de salida de un valor cualquiera del campo de medida, esto sucede cuando la variable recorre toda la escala tanto ascendente como descendente. Y la linealidad se la puede describir como una aproximación de una curva de calibración a una línea recta especificada (Rubio, 2014).

## **1.2 Temperatura del cuerpo humano**

Esta es considerada una variable compleja, ya que es una variable no lineal, y, además, sujeta a variaciones tanto internas como externas. La temperatura del ser humano, también llamada normotermia, depende de muchos factores, como el lugar en donde fue realizada la medición, luz del día, nivel de actividad de la persona a ser medida, entre otras. En donde se concluye que esta medida está sujeta a las circunstancias de la medición. El cuerpo posee diferentes temperaturas distribuidas en diferentes zonas del mismo, pero la temperatura general promedio es de 36.5 a 37°C. Sin embargo, existe una variedad de rangos medidos en un adulto, como 33.2 a 38.2 tomada vía oral, de 34.4 a 37.8 tomada vía rectal y de 35.5 a 37°C tomada en la axila (Picquart & Carrasco Morales, 2017).

En la segunda mitad del ciclo del sueño, llamada “nadir”, la temperatura corporal es más baja, siendo uno de los marcadores primarios del ritmo circadiano. Esta temperatura corporal varía cuando la persona presenta hambre, frío o sueño, dependiendo de cada momento del día. La temperatura también se ve afectada por varias hormonas, en la mujer, por ejemplo, durante el ciclo menstrual su temperatura varía, fenómeno conocido como *circa menstrual*, elevándose la temperatura después de la ovulación y disminuyendo cuando aumenta la progesterona. Los anticonceptivos hormonales también disminuyen la temperatura corporal de la mujer en 0.6°C aproximadamente (Picquart & Carrasco Morales, 2017). En la figura 1-1 se muestra la variación de la temperatura corporal de un ser humano en un periodo de 24 horas.



**Figura 1-1:** Variaciones promedias de la temperatura rectal de un humano sobre un periodo de 24 horas  
Fuente: (Picquart & Carrasco Morales, 2017)

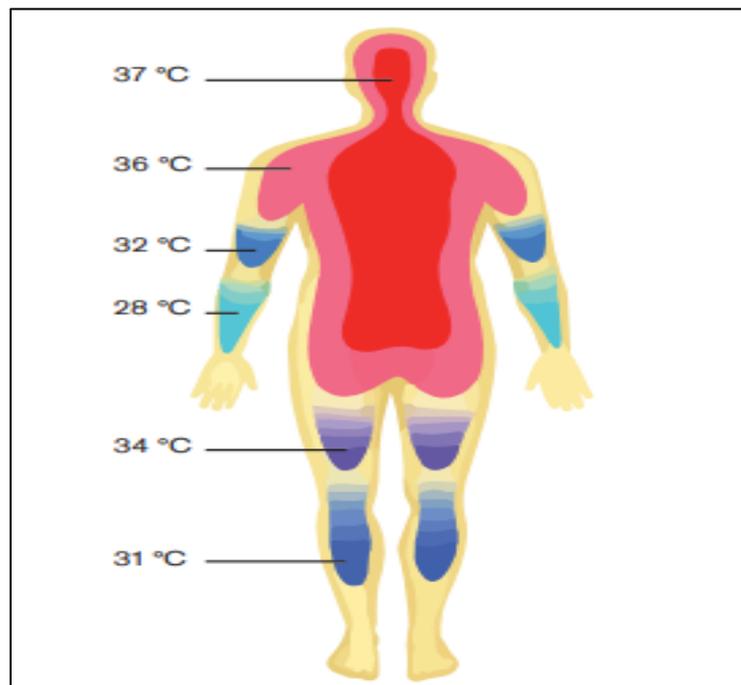
La temperatura corporal también se ve afectada por factores psicológicos, un ejemplo de ello es la excitación, lo cual provoca en una persona una temperatura elevada. Otro caso importante es la perturbación del sueño, ya que afecta de igual manera la temperatura corporal. Los tejidos profundos del cuerpo poseen una temperatura constante, variando menos de 0.6 °C, a excepción cuando la persona presenta síntomas de fiebre. Una persona desnuda mantiene su temperatura corporal constante aún expuesta a temperaturas externas entre 13 a 55°C, lo cual describe que el cuerpo humano posee una capacidad de regulación de temperatura corporal muy desarrollado (Picquart & Carrasco Morales, 2017).

Existen mecanismos de transferencia de calor como son la radiación, la conducción y la convección, pero el ser humano posee un mecanismo propio, la transpiración, el cual es un fenómeno de evaporación. El proceso de regulación en una persona es más que la suma de diferentes mecanismos de transferencia, ya que el cuerpo presente un mecanismo de retroacción neuronal que se da a través del hipotálamo (Picquart & Carrasco Morales, 2017).

El hipotálamo posee mecanismos de control, así como también sensores de temperatura clave para la regulación de la temperatura corporal. Es por ello que la sudoración inicia de manera exacta a una temperatura cutánea de 37°C, esto bajo el control de los mecanismos mencionados, y esta medida aumenta a medida que la temperatura se eleva por encima de dicho valor. Si se eleva la temperatura de la piel, la producción de calor del cuerpo en estas condiciones permanece constante (Picquart & Carrasco Morales, 2017).

### 1.3 Termorregulación del cuerpo humano

Una de las funciones más importantes del organismo es la regulación de la temperatura, ya que este es un parámetro vital, igual de importante y esencial que la función respiratoria, el ritmo cardíaco o la presión sanguínea. Es el hipotálamo quien se encarga de esta función. El mismo, se encarga de procesar la información que es recibida desde otras regiones del cerebro, así como también de la médula espinal, y los sensores térmicos periféricos que operan en la piel. Se utilizan cambios de comportamientos conscientes para obtener un equilibrio de temperatura y disipación de calor, también se emplean mecanismos de forma autónoma, como la transpiración y la vasodilatación, para evitar el sobrecalentamiento, la termogénesis, y la vasodilatación para evitar temperaturas demasiado bajas. La regulación de la temperatura corporal central en un organismo sano se da con una diferencia de  $0.2^{\circ}\text{C}$  del valor normal (Drägerwerk AG & Co. KGaA, 2018). En la figura 2-1 se expone las temperaturas por zonas y periferias del cuerpo humano:



**Figura 2-1:** Parte central del cuerpo, temperaturas por zonas y periferia

Fuente: (Drägerwerk AG & Co. KGaA, 2018)

Si la temperatura de la piel desciende por debajo de los  $37^{\circ}\text{C}$ , se activan una serie de respuestas fisiológicas con la intención de conservar el calor corporal y, a su vez, aumentar la producción de calor, se trata de:

1. Vasoconstricción, se activa para disminuir el flujo de calor dirigido hacia la piel

2. Temblor, se activa para aumentar la producción de calor en los músculos y tejidos
3. Secreción de hormonas, se activa para aumentar el metabolismo y, a su vez, la producción de calor
4. Erección de pelos, se activa para atrapar, a la medida, una capa de aire y aumentar el aislamiento con el medio externo

La temperatura umbral del cuerpo humano es de 37°C, la cual puede ser alterada bajo circunstancias especiales como la fiebre o hibernación (Picquart & Carrasco Morales, 2017).

### ***1.3.1 Temperatura corporal central***

La temperatura de la parte central del cuerpo, la cual se compone de diversos tejidos profundos, órganos internos, huesos y el cerebro, se mantiene constante bajo condiciones normales. Esto se mantiene a pesar de que las regiones periféricas del cuerpo varían según sea sus condiciones medioambientales. Existe un rango en la cual esta zona puede mantener su temperatura sin la ayuda de respuestas fisiológicas, este rango está entre los 27 y 32°C, para una persona adulta desnuda y en reposo (Drägerwerk AG & Co. KGaA, 2018).

Esta temperatura corporal central varía en función de la hora del día, pero existe un rango de temperatura de esta zona que se la considera normal y fluctúa entre los 36.52 y 37.2°C. Dicho esto, el valor mínimo de temperatura se lo registra temprano en la mañana y el valor máximo es alcanzado por la tarde. En las mujeres, su ciclo menstrual guarda una estrecha relación con la variación de la temperatura corporal central durante el transcurso del día. También existen diversos factores que influyen directamente en la temperatura corporal central, tales como son: La edad, el estrés, la forma física y los hábitos de sueño (Drägerwerk AG & Co. KGaA, 2018).

## **1.4 Sensores**

Es un dispositivo que es empleado para convertir una magnitud física o química, en otro tipo de señal, generalmente eléctrica, esta señal puede ser fácilmente procesada, analizada, transmitida o almacenada. Es por estas características que el sensor es un elemento transductor, ya que tiene la función de captar una medición en una determinada magnitud y transformarla a una diferente, como es el caso del actuador eléctrico, capaz de transformar una magnitud eléctrica en otro tipo de magnitud, generando de esta manera una acción (Fernandez Amador, 2005).

Los sensores al recibir una señal física y convertirla en una señal distinta, que posee diferente magnitud, para que la misma pueda ser analizada e interpretada, se convierten en elementos transductores. En la actualidad, existen diversos tipos de sensores, los cuales son diseñados y fabricados para una función y capacidad en específico, muchos de ellos poseen integrados en su interior diversos componentes, los cuales permiten manipular una señal, ajustarla y adaptarla a una necesidad específica (Fernández Amador, 2005).

Ya sea un elemento sensor o transductor, estos elementos necesitan ser calibrados para ser útiles y funcionales como dispositivos e instrumentos de medición. La calibración es aquel procedimiento en donde se establece una relación entre la variable medida y la señal que se obtiene a la salida, debidamente convertida (Vanegas García, 2014).

#### ***1.4.1 Parámetros de los sensores***

Todos y cada uno de los sensores existentes en la actualidad, independientemente de su tipo y funcionalidad, posee parámetros de fabricación y funcionamiento propios de cada sensor, los cuales permiten saber la efectividad y fiabilidad de los mismos, estos parámetros son: exactitud, precisión, rango de funcionamiento, velocidad de respuesta, calibración, fiabilidad e histéresis.

##### ***1.4.1.1 Exactitud***

Este parámetro es un grado del instrumento o cualidad de medida de entregar una lectura de medición próxima al valor verdadero de la magnitud medida. Es el grado de conformidad de un valor nominal a un valor ideal, éste último valor, considerado como si fuese el verdadero. En cambio, el grado de confiabilidad, representa la desviación máxima entre la curva de calibración del instrumento y una curva característica específica, ajustada de tal manera que la desviación máxima sea reducida al mínimo (Vanegas García, 2014).

##### ***1.4.1.2 Precisión***

Es un parámetro crucial de los instrumentos de medición, el cual debe ser tan alto como fuese posible. Depende de este parámetro que exista o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable, La dispersión existente entre los valores de una serie deberá ser mínima (Vanegas García, 2014).

#### *1.4.1.3 Rango de funcionamiento*

El elemento de medición debe contar un amplio rango de funcionamiento, a la vez, debe ser exacto y presentar precisión en todo el rango para que le fue diseñado (Vanegas García, 2014).

#### *1.4.1.4 Velocidad de Respuesta*

El dispositivo de medición debe ser capaz de responder a los diversos cambios que se pueden dar en la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal en este caso, sería una respuesta instantánea y eficaz (Vanegas García, 2014).

#### *1.4.1.5 Calibración*

El sensor debe presentar una gran facilidad en el parámetro de calibración. Tanto los procedimientos y el tiempo necesarios para el proceso de calibración deben ser mínimos, a la vez, el sensor no necesita una recalibración frecuente. La desviación nos indica el nivel de pérdida gradual de exactitud que sufre el elemento sensor en el transcurso del tiempo, y el respectivo uso, para lo cual es necesario realizar una recalibración (Vanegas García, 2014).

#### *1.4.1.6 Fiabilidad*

La fiabilidad del elemento sensor describe la eficacia y exactitud en cada una de las mediciones realizadas, por lo cual cada sensor debe contar con una alta fiabilidad, los mismos, deben estar libre de fallos frecuentes durante el funcionamiento (Vanegas García, 2014).

#### *1.4.1.7 Distancia Operativa*

Depende del diámetro del sensor (bobina o condensador), este parámetro es una característica muy importante que describe a un sensor. Las dimensiones, la composición del material y la temperatura ambiente también son factores que influyen en la distancia operativa. En el caso de los sensores magnéticos, se debe tener en consideración tanto la alineación como la fuerza del

campo magnético, es decir, es aquella distancia de operación máxima y óptima de medición del sensor en su puesta a funcionamiento (Vanegas García, 2014).

#### *1.4.1.8 Histéresis*

Este parámetro describe la diferencia máxima que se puede observar en los valores indicados por el índice, pluma del instrumento o la señal de salida, para el mismo valor cualquiera del campo de medida. Cuando la variable recorre toda la escala en sentidos ascendente y descendente. El margen de la medida se expresa en porcentaje (Vanegas García, 2014).

### **1.4.2 Tipos de sensores**

Existen diversas maneras de clasificación de los sensores, ya que depende del punto de vista de análisis, tipo de construcción y funcionamiento de cada dispositivo. Los sensores pueden ser:

#### *1.4.2.1 Clasificación de los sensores según la energía*

- Activos. - Son aquellos sensores que emiten energía a partir de la transformación de elemento transductor realizado. Dentro de este grupo de sensores podemos agregar a las termocuplas, cristales piezoeléctricos, etc.
- Pasivos. - Son sensores que reciben energía para realizar la transformación. Dentro de este grupo de clasificación se encuentran los termistores, ya que su resistencia está directamente relacionada con la temperatura, los micrófonos de condensador, los fotodiodos, etc. (Vanegas García, 2014).

#### *1.4.2.2 Clasificación de los sensores según el principio de funcionamiento*

Dentro de este grupo de clasificación se incluyen sensores de tipo:

- Sensores primarios
- Sensores resistivos
- Sensores de reactancia variable y electromagnética
- Sensores generadores
- Sensores digitales

### 1.4.2.3 Clasificación de los sensores según la magnitud a medir

En esta clasificación se relaciona al instrumento de medición (sensor), con el fenómeno físico o químico que se desea medir, dentro de la tabla 2-1 se muestra los tipos de sensores según su magnitud:

**Tabla 2-1:** Clasificación de los sensores según la magnitud a medir.

<b>Magnitud Detectada</b>	<b>Transductor (Sensor)</b>	<b>Señal de Salida</b>
Posición lineal o angular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finales de Carrera</li> <li>• Potenciómetro</li> <li>• Encoders (Absolutos / Incrementales)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo o nada</li> <li>• Analógica</li> <li>• Digital</li> </ul>
Pequeños desplazamientos o deformaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformadores diferenciales (LVDT)</li> <li>• Galgas extensiométricas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> </ul>
Velocidad lineal o angular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dínamos taco métricos</li> <li>• Encoders</li> <li>• Detectores inductivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> <li>• Digital</li> <li>• Digital</li> </ul>
Aceleración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acelerómetros</li> <li>• Sensores de velocidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> <li>• Digital</li> </ul>
Fuerza y par	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición indirecta (mediante galgas o transformadores diferenciales)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógicas</li> </ul>
Nivel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flotador + detector de desplazamiento</li> <li>• Capacitivos</li> <li>• Ultrasonidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> <li>• Digital</li> </ul>
Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membrana + detector de desplazamiento</li> <li>• piezoeléctricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> </ul>
Caudal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión diferencial (diafragmas / tubos de venturi)</li> <li>• De turbina</li> <li>• Magnético</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> </ul>
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termostatos</li> <li>• Termopares</li> <li>• Termorresistencias (PT100)</li> <li>• Resistencias NTC</li> <li>• Resistencias PTC</li> <li>• Pirómetros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo o nada</li> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> <li>• Analógica</li> </ul>
Sensores de presencia o proximidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inductivos</li> <li>• Capacitivos</li> <li>• Ópticos (células fotoeléctricas)</li> <li>• Ultrasónicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todo o nada</li> <li>• Todo o nada</li> <li>• Todo o nada</li> <li>• Analógica</li> </ul>
Sistemas de visión artificial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámaras de video y tratamiento de imágenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento por puntos o píxeles</li> </ul>

	• Cámaras CCD	
--	---------------	--

**Fuente:** (Vanegas García, 2014)

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

## **1.5 Sensores de Temperatura**

Son aquellos elementos transductores que se requieren en cualquier tipo de proceso en el que se requiera la medición y la indicación de la variable temperatura (Torres, 2013). Según sea su tipo o clasificación depende su precisión, construcción, variabilidad y exactitud de medición. Otra variable en juego es la aplicación del dispositivo sensor, ya que puede ser empleado en diversas aplicaciones como son: La medición de la temperatura de una persona, un proceso industrial, un líquido, maquinaria, etc.

### ***1.5.1 Clasificación de los sensores de Temperatura***

En la actualidad, se dispone de una gran variedad de dispositivos transductores que se encargan de medir la variable temperatura según sea su aplicación y su naturaleza (Araya, 2015). Cada uno de ellos posee el mismo principio de funcionamiento, pero hay pequeños detalles que son cruciales al momento de seleccionarlos para su respectiva aplicación (Hernández, 2019). La tabla 1-3, expone los tipos de sensores más estudiados y empleados hoy en día:

**Tabla 3-1:** Clasificación de los dispositivos sensores de medición de temperatura.

<b>Tipo de Sensor</b>	<b>Transductor (Sensor)</b>
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Termocuplas</li><li>• Termorresistencias</li><li>• Termistores</li><li>• Diodos</li><li>• Sensores de silicio con efecto resistivo</li></ul>
Mecánico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sistemas de dilatación</li><li>• Termómetros de vidrio con líquidos</li><li>• Termómetros bimetálicos</li></ul>
Radiación térmica	Pirómetros de radiación <ul style="list-style-type: none"><li>• Total (Banda Ancha)</li><li>• Óptico</li><li>• Pasabanda</li><li>• Relación</li></ul> Termómetros infrarrojos
Varios	<ul style="list-style-type: none"><li>• Indicadores de color<ul style="list-style-type: none"><li>• Lápices</li><li>• Pinturas</li></ul></li></ul> Sondas Neumáticas Sensores ultrasónicos Indicadores pirómetros Termómetros acústicos Cristales líquidos Indicadores de luminiscencia (termografía)

**Fuente:** (Araya, 2015)

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En la tabla 3-1 se evidencia la mayoría de los sensores vigentes para la captura o medición de la temperatura. Ahora, hablaremos de los más empleados tanto en el campo industrial como en el día a día de las personas.

### 1.5.1.1 Termocuplas

Este es un dispositivo transductor de temperatura, el mismo está formado por dos elementos conductores (alambres). Su funcionamiento se describe con la generación de una fuerza electromotriz que surge de la diferencia de temperatura entre las uniones de dichos conductores, uno de ellos caliente, el cual es ubicado en el lugar u objeto en donde se va a medir la temperatura, y otro frío el cual se lo toma como referencia (Córdoba, 2005).

Su fabricación se lo realiza con metales puros, así como también con aleaciones, son usados para medir temperatura en rangos que varían según sea el tipo de termocupla y su material de fabricación, estas temperaturas van desde aproximadamente 80 grados hasta los 1800 grados centígrados. También existen aleaciones especiales en donde este sensor puede medir hasta 3000 grados centígrados. A pesar de que existen varios dispositivos mucho más avanzados y sofisticados, la termocupla continúan siendo lo más empleados debido a su alto rango de medición, es económico y versátil, pero al medir una diferencia de temperaturas, dicha medición no es exacta, siendo esto una gran desventaja (Córdoba, 2005).

La tabla 4-1 presenta los tipos de termocuplas existentes en función de su rango de medición y material fabricado:

**Tabla 4-1:** Tipos de termocuplas

<b>Tipo</b>	<b>Composición</b>	<b>Rango (°C)</b>
Tipo J	Fierro – Constantán	0 a 600°C
Tipo K	Níquel – Cromo Níquel	0 a 1200 °C
Tipo S	90% Platino 10% Rodio - 100 % Platino	0 a 1600 °C
Tipo R	87% Platino 13% Rodio – 100% Platino	0 a 1750 °C
Tipo T	Cobre – Constantán	0 a 370 °C
Tipo B	70% Platino 30% Rodio – 94% Platino 6% Rodio	0 a 1820 °C

**Fuente:** (Araya, 2015)

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

### *1.5.1.2 Termorresistencias*

Este tipo de transductores es uno de los sensores más empleados para medir temperatura debido a su precisión. Una de sus principales características es su gran estabilidad, alcanzando una capacidad de medición de 0 a 450°C aproximadamente (Cotarelo y Mori, 2019).

Su principio de funcionamiento se basa en la relación de resistencia y temperatura, ya que la resistencia metálica varía de manera directamente proporcional a la temperatura del mismo. Los materiales con los que son fabricados son de metales como el cobre, oro, plata, níquel y tungsteno, pero el metal más empleado en estos dispositivos es el platino, ya que presenta diferentes propiedades físicas como una excelente estabilidad y alta resistividad (Cotarelo y Mori, 2019).

El sensor de este tipo más empleado en el campo industrial es el famoso PT100, posee este nombre ya que está conformado por un hilo fino de platino que posee una resistencia interna de 100 ohmios a 0°C (Torres, 2013). A la vez, este tipo de transductores también presentan varias desventajas, la primera de ellas es su alto costo, por lo que, para muchos, es de difícil acceso. Otra de sus desventajas se da en sus alambres de conexión, ya que debido a sus propiedades físicas de resistencia y sensibilidad es necesario usar un esquema de 4 hilos para realizar la medición. Existe una disipación de potencia a causa de una corriente de excitación propia del RTD, incrementando de esta manera la temperatura del mismo sin ser detectada en la medición, por lo que se ha optado por emplear una corriente de excitación pequeña para evitar este tipo de errores en las mediciones (Cotarelo y Mori, 2019).

### *1.5.1.3 Termistores*

Estos son elementos transductores resistivos que dependen de la temperatura. Dichos dispositivos son fabricados con materiales semiconductores como son los polímeros, metálicos y el óxido de metal, en donde sus diferencias radican en sus propiedades físicas como la resistencia que varían entre 2 y 100 kilo ohmios, así como también en su mayoría poseen un coeficiente de temperatura negativo (NTC) y otros con coeficiente de temperatura positivo (PTC) (Rubio, 2014).

Dentro de sus principales ventajas de estos dispositivos es su bajo costo y una linealidad predecible. Su rango de medición radica entre los 0 y 150°C, pero también existen dispositivos de este tipo que pueden alcanzar mediciones de hasta 550°C. Otra ventaja de estos es que cuenta con una alta estabilidad térmica, por lo que expertos recomiendan emplearlo en tareas y procesos en donde se requiera mucha exactitud (Rubio, 2014).

Estos instrumentos se diseñan especialmente para la medición de temperatura en gases, líquidos y sólidos. Debido a su tamaño de fabricación, el cual es pequeño, a los mismos se los puede agregar o montar en alojamientos y sondas especiales diseñados específicamente para estos instrumentos, de esta manera se logra protegerlos de cualquier ambiente brusco u hostil, logrando obtener mediciones precisas (Araya, 2015).

Una de sus principales desventajas es que necesitan un circuito de acondicionamiento de señal para que el resultado de la medición sea preciso. Este tipo de dispositivos necesitan de una corriente para su funcionamiento, el cual genera un aumento de temperatura en su composición, afectando de esta manera su rango de operación y medición como tal. Por lo cual debe ser configurado adecuadamente para el resultado de su medición sea exacta (Rubio, 2014).

#### *1.5.1.4 Sensores de temperatura en circuito integrado*

Estos dispositivos transductores son fabricados con el principio de funcionamiento de unión p-n de los circuitos semiconductores. Su composición está dada por un chip en donde se encuentran circuitos integrados, obteniendo como salida una respuesta lineal que es proporcional a la temperatura medida. Dicha salida del IC puede ser obtenida en manera de voltaje analógico, y a la vez, en forma digital. Su capacidad de medición de temperatura se encuentra en el límite de hasta 150°C debido a su composición de silicio (Cotarelo y Mori, 2019).

Como todo dispositivo de medición de temperatura, el mismo presenta problemas de calentamiento afectando su rendimiento y exactitud de medición ya que necesita una corriente de excitación para su funcionamiento. La principal ventaja que presentan estos sensores es su precio, ya que son accesibles y de bajo costo (Rubio, 2014).

Este tipo de sensores integrados de acuerdo a su señal de salida se los puede dividir en dos grupos: voltaje y corriente. Por ejemplo, el sensor LM35 presenta una señal de voltaje a su salida, presentando un nivel de exactitud de  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ . En cambio, el sensor AD590 presenta una señal de corriente a su salida, aumentando el grado de calentamiento, afectando a la vez su precisión en la medición (Rubio, 2014).

### *1.5.1.5 Sensores de temperatura Infrarrojos*

Son empleados cuando se tiene que realizar mediciones de temperatura que excluyan el contacto físico con el material que se desea medir o monitorear, ya que este tipo de transductores mide la radiación infrarroja que es emitida por un cuerpo u objeto y calcular de esta manera la temperatura que el mismo posee, esto, basándose en la temperatura electromagnética que es emitida por el objeto (Rubio, 2014).

El rango de medición que pueden alcanzar estos dispositivos varía en función de su fabricación, instrumentación y calibración del mismo, pudiendo alcanzar valores de  $-50^{\circ}\text{C}$  hasta  $3000^{\circ}\text{C}$  de medición de temperatura remota. Su exactitud y precisión en las mediciones tomadas, también depende de su rango de distancia de operación, el cual puede variar desde una fracción de centímetro hasta varios kilómetros según sea la aplicación y necesidad de medición (Araya, 2015).

Este tipo de detección infrarroja basa su teoría en principio de que la intensidad de la radiación depende de la temperatura del objeto a medir en la primera medición o aproximación. Cuando el detector capta un campo de radiación electromagnética de varias superficies u objetos distintos al que se desea medir, y todas estas superficies poseen temperaturas y radiaciones diferentes, se presenta un grave problema, al cual se lo conoce como el efecto Narciso. Para solucionar este inconveniente de medición, estos dispositivos de medición infrarroja emplean nuevas tecnologías de calibración y precisión, por lo que su costo en comparación a los nombrados anteriormente es muy superior (Rubio, 2014). Para captar la radiación que emiten los cuerpos en función de su temperatura, se puede clasificar a los dispositivos de medición infrarroja en dos grandes grupos: detectores cuánticos y térmicos.

Los detectores cuánticos describen una reacción cuando detecta la presencia de fotones, los mismos se encargan de elevar el nivel de energía de los electrones de aquel material semiconductor. Este aumento de nivel de energía crea una señal eléctrica, el cual describe la temperatura del objeto. Su principal ventaja radica en el que se puede seleccionar una longitud de onda, en donde la respuesta espectral está en función de dicha longitud (García, 2012).

En cambio, el detector térmico es fabricado por un material sensible, el cual varía en función de la absorción de la radiación electromagnética, dicha sensibilidad permite cambiar las propiedades del material u objeto a medir, de esta manera se logra generar una señal eléctrica proporcional a la radiación que incide sobre el mismo. Su principal diferencia con el detector cuántico es que su respuesta espectral no está en función de la longitud de onda (García, 2012).

#### *1.5.1.6 Sensores de temperatura basados en fibra óptica*

Este tipo de dispositivos transductores son fabricados a partir de materiales dieléctricos que no son afectados de ninguna manera por las radiaciones, microondas y ondas de frecuencia. Su funcionamiento se basa en que la brecha de energía que poseen todos los materiales semiconductores disminuye de manera proporcional cuando la temperatura del objeto aumenta al nivel de la temperatura ambiente (Rubio, 2014).

De esta manera, la longitud de onda límite de absorción óptica se desplaza hacia una longitud de onda mayor, esto debido a la temperatura. Su rango de operación varía en el rango desde los 0°C hasta los 300°C, a la vez, mantienen su calibración por mucho tiempo. Cuando se emplea este tipo de dispositivos se reduce tanto el tiempo de diseño y coste por el uso de transductores defectuosos. Pueden operar sin ninguna perturbación en ambientes con campos magnéticos variables, líquidos corrosivos, altas temperaturas, ambientes abruptos, etc. (Rubio, 2014).

Su principio de funcionamiento radica en el efecto de absorción – transmisión a través de un material que es fabricado en Arseniuro de Galio (AsGa), si la temperatura en el cristal aumenta, cambia de igual manera el espectro de transmisión del cristal a mayores longitudes de onda, obteniendo de esta manera una lectura de temperatura (Rubio, 2014).

#### *1.5.1.7 Sensores de temperatura inteligentes*

Se define como aquel elemento transductor que combina la función de medición de temperatura y varias funciones de procesamiento de señal y comunicación. Puede realizar funciones diferentes a la medición ya que normalmente se incorpora en su composición un microcontrolador, cualquier fusión entre un dispositivo de medición y un microcontrolador es considerado como un sensor inteligente (Rubio, 2014).

Al tratarse de un dispositivo inteligente con diversas características no comunes, su precio es elevado, pero a la vez presenta diversas ventajas como su fácil calibración y mantenimiento, por lo que su valoración ante otros dispositivos de medición es muy elevada. Dentro de las funciones que puede cumplir este elemento con sus diversas características son varias, entre ellas: la detección de la temperatura, acondicionamiento de la señal, compensación ambiental, linealidad, conversiones, comunicación, y auto calibración. Todo va de la mano de la capacidad del microcontrolador instalado en el dispositivo (Rubio, 2014).

En función de las características del transductor, se encuentra lo robusto que puede ser el mismo, ya que se puede integrar en su diseño varios elementos como el sensor principal, algoritmos de control, memoria, procesador de señales y módulo de comunicación. Estos cumplen una tarea muy importante en el mundo industrial, ya que reducen la carga de procesamiento de información de los controladores lógicos programables que se emplean en la automatización y control de una determinada planta (Rubio, 2014).

## **1.6 Sensores de presencia y proximidad**

Este tipo de dispositivos transductores se encargan de determinar la presencia, o a su vez, la ausencia de un objeto o persona, su principio de funcionamiento consiste en la activación de una señal o salida digital que determina un estado de encendido o apagado del mismo. Otra de las funciones que puede cumplir estos dispositivos es la de proporcionar una posición de un objeto por un tiempo determinado y de manera continua, esto lo puede ejecutar mediante una señal eléctrica que es proporcional a la posición que se desea analizar o medir (Colomer, 2018).

### ***1.6.1 Tipos de sensores de proximidad***

En la actualidad, existen diversos tipos de dispositivos transductores de proximidad, según sea la aplicación y funcionalidad del mismo, a continuación, en la tabla 5-1 se muestran los diferentes tipos de dispositivos sensores de proximidad divididos en dos grandes grupos, el primero, describe a los dispositivos de medición de proximidad con contacto físico, los cuales necesitan del contacto directo con el objeto para determinar lo cercano o lejano que se encuentra el mismo. La principal desventaja que presentan estos dispositivos es la limitación de la distancia de operación y medición.

Mientras que los dispositivos libres de contacto físico son los más empleados en el mundo industrial y doméstico, ya que permiten detectar a un objeto a mayores distancias, y lo más importante, libre de contacto físico con dicho objeto (Colomer, 2018). En la tabla 5-1, se evidencia los tipos de sensores de proximidad.

**Tabla 5-1:** Tipos de sensores de proximidad

<b>SENSORES DE PROXIMIDAD</b>			
<b>Con contacto físico</b>		<b>Sin contacto físico</b>	
<b>Sensor</b>	<b>Señal de salida</b>	<b>Sensor</b>	<b>Señal de salida</b>
Finales de Carrera	Salida binaria	Sensor Inductivo	Salida binaria y analógica
Potenciómetro	Salida binaria y analógica	Sensor Capacitivo	Salida binaria y analógica
		Sensor Magnético	Salida binaria y analógica
		Sensor Óptico	Salida binaria y analógica
		Sensor Ultrasónico	Salida binaria y analógica

**Fuente:** (Colomer, 2018)

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

#### *1.6.1.1 Finales de carrera*

Son los sensores más empleados de la rama de dispositivos de medición de proximidad con contacto físico. En función de su fabricación y tipo, pueden tener un funcionamiento mecánico, neumático y eléctrico. Dicha funcionalidad depende directamente del tipo de contacto que genera el objeto u obstáculo al ser detectado. Si el contacto ocasiona un tipo de respuesta mecánico, significa que se realiza un accionamiento mecánico. Si el contacto genera una respuesta neumática, significa que habrá una variación en la presión que se está manejando. Y si el contacto genera una respuesta eléctrica, significa que se dará por consiguiente una circulación de corriente eléctrica (Colomer, 2018).

Estos dispositivos tienen una infinidad de aplicaciones tanto en el campo industrial como doméstico, ya que se lo puede emplear para el control de la apertura de una puerta y verificar que se encuentra abierta o cerrada, en la industria se lo puede aplicar en una banda transportadora, y de esta manera saber si el objeto que se encuentra desplazando sobre la misma ha llegado a su destino final. También se los puede aplicar en circuitos y conexiones de seguridad, y de esta manera delimitar los espacios libres y privados (Colomer, 2018). En la figura 3-1 se evidencia varios ejemplos comerciales de los dispositivos finales de carrera.



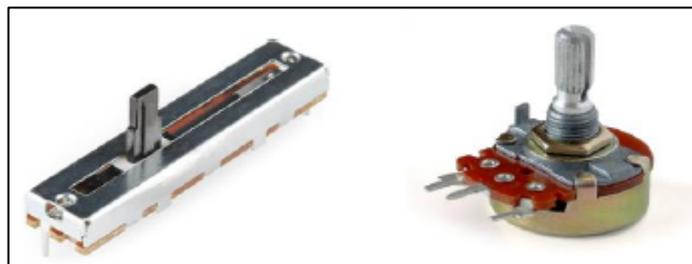
**Figura 3-1:** Ejemplos comerciales de finales de carrera

Fuente: (Colomer, 2018)

### 1.6.1.2 Potenciómetros

Este tipo de sensores son transductores de posición y distancia con contacto físico, así como también con rozamiento. Su funcionamiento consiste en obtener una determinada medición cuando se desliza unas escobillas sobre una resistencia, y en función del punto en donde se encuentren las escobillas, se obtiene un valor proporcional en valores de resistencia. Para detectar a un objeto, se conecta al mismo a la escobilla, y en función del movimiento de dicho objeto, también varía la resistencia del dispositivo (Colomer, 2018).

Son empleados normalmente como sensores de alta precisión para acotar las dimensiones de un objeto en medidas, ya que poseen una precisión muy grande, pudiendo llegar hasta las micras (Colomer, 2018). La figura 4-1 expone a los potenciómetros lineales y rotativos.



**Figura 4-1:** Potenciómetro Lineal y Rotativo

Fuente: (Colomer, 2018)

### 1.6.1.3 Sensor de proximidad magnético

Este tipo de dispositivos reaccionan en la presencia de campos magnéticos, electroimanes o imanes permanentes. El emplear un interruptor reed facilita la tarea de detectar un campo magnético. Estos dispositivos cuentan con un sistema de contactos que por medio de la influencia de un campo magnético se verán accionados. Los contactos de este sistema se cerrarán por la influencia de un campo magnético de un material o dispositivo imantado, estos, ubicados en el objeto que se desea detectar o localizar (Colomer, 2018).

Las láminas del sensor reed son fabricadas de un material ferromagnético, las cuales son colocadas dentro de un tubo de vidrio, dicho tubo es llenado con un gas inerte. Las láminas se unen por efecto magnético si se acerca un campo magnético al mismo, produciendo de esta manera un contacto eléctrico. El alcance máximo de medición para este tipo de dispositivos es hasta los 100mm (Colomer, 2018). La figura 5-1 contiene ejemplos comerciales de los sensores magnéticos:



**Figura 5-1:** Ejemplos comerciales de sensores magnéticos

**Fuente:** (Colomer, 2018)

### 1.6.1.4 Sensor de proximidad inductivo

Son dispositivos de medición inductivos de posición electrónicos, con la capacidad de detectar cual objeto o material ferroso sin la necesidad de un contacto directo a una determinada distancia, y a diferencia de los sensores magnéticos, es este dispositivo el que emite una señal o campo magnético (Colomer, 2018).

Su principio de funcionamiento consiste en la emisión de una señal magnética al exterior mediante el empleo de una bobina osciladora, creando una zona limitada por dicha señal magnética, a esta zona se la conoce como zona de conmutación. Y cuando un objeto ferroso se acerca a la señal magnética, comienza a fluir una corriente de inducción, esto debido a la inducción electromagnética. Mientras más se acerque el objeto al sensor, aumenta de manera proporcional

el flujo de corriente de inducción. Este dispositivo detecta un cambio en el nivel de oscilación de la bobina y de manera instantánea emite una señal de salida del detector del objeto. Su nivel de alcance de medición varía entre 0.8mm a 250mm (Colomer, 2018). En la figura 6-1, se encuentran detallados ejemplos comerciales de los sensores de proximidad inductivos:



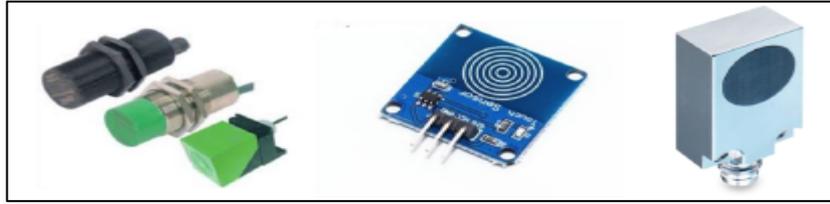
**Figura 6-1:** Ejemplos comerciales de sensores inductivos

Fuente: (Colomer, 2018)

#### *1.6.1.5 Sensor de proximidad capacitivo*

Este tipo de dispositivos capacitivos se encargan de detectar la presencia o proximidad de un objeto de manera electrónica sin la necesidad de tener contacto directo con el mismo. Su funcionamiento tiene como centro principal a un condensador, el cual está fabricado de electrodos metálicos, mismos que tienen forma de discos, y de una pantalla metálica en forma de vaso. La capacitancia del condensador se ve afectada variando su valor cuando un material se acerca a la zona activa frente al sensor (Colomer, 2018).

El cambio en la capacidad del condensador depende de varios parámetros como la distancia entre el objeto a detectar y la zona activa del sensor, las dimensiones del objeto que se desea detectar, y por último la constante dieléctrica que posee el material del objeto a detectar. La sensibilidad con la que cuenta este dispositivo de medición se puede variar mediante un potenciómetro que forma parte de su composición, esto permite focalizar diferentes distancias y rangos de medición con el mismo dispositivo. La distancia de medición y detección máxima del sensor es de 5mm a 20mm, y en algunas aplicaciones llegando hasta los 60mm (Colomer, 2018). La figura 7-1 muestra ejemplos comerciales de los sensores capacitivos:



**Figura 7-1:** Ejemplos comerciales de sensores capacitivos

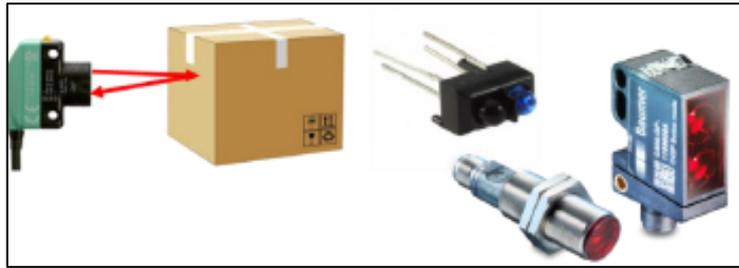
Fuente: (Colomer, 2018)

#### *1.6.1.6 Sensor de proximidad óptico*

Los dispositivos de medición ópticos emplean medios ópticos y electrónicos para realizar la detección de objetos. Los mismos utilizan dentro de su mecanismo de funcionamiento luz roja o infrarroja. La fuente de luz más empleada dentro de este tipo de dispositivos son los diodos semiconductores emisores de luz, por su larga vida útil y modulación. Los elementos de recepción de señal óptica son fotodiodos y fototransistores (Colomer, 2018).

Las partes principales que componen este tipo de dispositivo, los cuales son el emisor y receptor de la señal, pueden estar ensamblados en un mismo sensor, así como también pueden estar en dispositivos separados. El elemento emisor es el encargado de emitir una luz infrarroja, la cual se propaga de manera lineal, aunque puede ser desviada, reflejada o dirigida según sea la necesidad y aplicación. Dicha luz infrarroja es recibida por el elemento receptor, la cual es evaluada de manera electrónica y también es separada de la luz externa (Colomer, 2018).

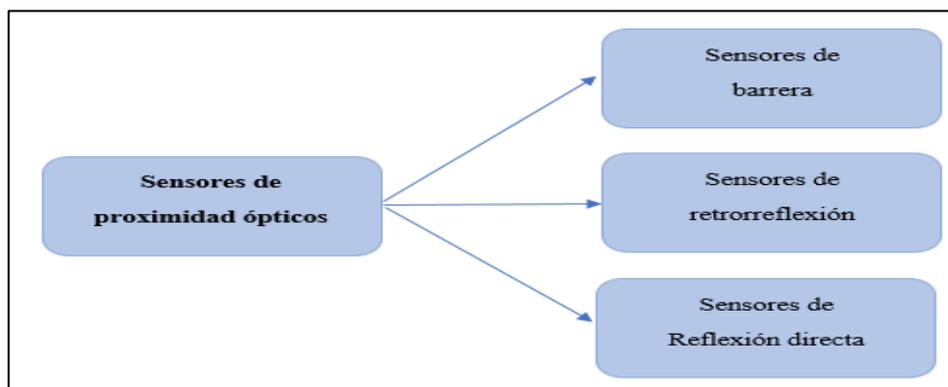
Todos los componentes electrónicos que forman parte del dispositivo vienen encapsulados junto con un potenciómetro que sirve para regular y ajustar la sensibilidad de medición. Dentro de estos componentes también se encuentra un diodo LED que sirve de guía al indicar que la salida del dispositivo está activada. El principal inconveniente con este elemento transductor es que suele contaminarse con polvo o residuos de polvo, lo cual produce interferencias y errores en las mediciones, por lo cual es recomendable realizar la limpieza del mismo de manera periódica (Colomer, 2018). La figura 8-1 expone ejemplos de dispositivos sensores ópticos de reflexión directa:



**Figura 8-1:** Ejemplos comerciales de sensores ópticos de reflexión directa

Fuente: (Colomer, 2018)

Ahora, se debe tener en cuenta que existen diferentes tipos de sensores de proximidad ópticos, los cuales varían en función de su fabricación, métodos de encapsulación y parámetros propios de construcción como el alcance y la precisión del dispositivo. En la figura 9-1 se expone las variantes de sensores ópticos:



**Figura 9-1:** Tipos de sensores de proximidad ópticos

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2020.

Fuente: (Colomer, 2018)

Los sensores de proximidad ópticos de barrera poseen un emisor y receptor en dispositivos separados, por lo cual su rango de detección y medición pueden llegar hasta los 100m. Los sensores de retroreflexión son ensamblados en un solo dispositivo, por lo que su alcance de medición puede llegar hasta los 10m. Los sensores de reflexión directa también tienen ensamblado en un solo cuerpo tanto al emisor como receptor, pero éste refleja de manera directa la luz que fue emitida y es captada por el receptor, pero su alcance de medición máxima va desde los 50mm hasta los 2m por sus características de funcionamiento (Colomer, 2018).

### 1.6.1.7 Sensor de proximidad ultrasónico



**Figura 10-1:** Ejemplos comerciales de sensores de proximidad ultrasónicos

Fuente: (Colomer, 2018)

El dispositivo de medición ultrasónico basa su funcionamiento en la emisión y recepción de ondas acústicas que son emitidas por el elemento emisor, viajan en el espacio hasta que chocan con el objeto a estudiar, rebotando con el mismo y regresa hacia el elemento receptor. Evalúa la distancia a la que se encuentra el objeto de manera proporcional al tiempo que tarda en regresar la señal del emisor hasta el receptor (Colomer, 2018). La figura 10-1 contiene varios ejemplos comerciales de sensores de proximidad ultrasónicos.

Este dispositivo está compuesto de tres partes principales, la primera de ella es un transductor ultrasónico, la segunda es una unidad de evaluación en donde se compara el tiempo de llegada, y la tercera es la etapa de salida. El emisor ultrasónico emite ondas en el rango entre 30 y 300KHz, Dentro de su composición también encontramos unos filtros, los cuales se encargan de comprobar si el sonido que recibe el receptor pertenece a los ecos emitidos por el elemento emisor. El rango de alcance de medición de este sensor está en duración del pulso emitido, dicho pulso debe poseer la energía suficiente para que pueda llegar y medir a los objetos más lejanos. La distancia mínima suele ser de 50mm y la máxima puede llegar hasta los 10m (Colomer, 2018).

## 1.7 Sistemas de control de acceso

Se trata de un proceso de control de ingreso o salida de un determinado lugar o sitio, los mismos pueden ser constituidos por diferentes tecnologías y dispositivos en función del grado de seguridad. Estos elementos permiten restringir tanto la entrada como la salida a un lugar, también permiten identificar al usuario que desea ingresar a una zona, y en función de los parámetros para el cual se encuentre modelado el sistema, permite o niega el ingreso, y como última función lleva un registro de los usuarios que ingresan en cada uno de los puntos de acceso (Ortiz, 2014).

### **1.7.1 Tipos de control de acceso**

Se clasifican en función del área de cobertura, pudiendo tratarse de sistemas de control de acceso autónomos, o a su vez, sistemas de red. La selección del tipo de sistema a emplear depende en gran manera del ámbito de trabajo. A continuación, se menciona lo más destacado de cada sistema en cuestión (Pérez Lescano, 2018).

#### **1.7.1.1 Sistemas de control de acceso autónomos**

Se trata de un conjunto de elementos que permiten tener el control de la apertura o cierre de una o varias puertas, sin la necesidad de estar conectados a un dispositivo controlador central. Este tipo de sistemas no llevan un registro de eventos o ingresos, siendo su principal desventaja, tampoco son capaces de limitar y negar el acceso por horarios, o clasificarlos por grupos de puertas. Es decir, sólo son empleados en métodos de identificación, que pueden ser por: clave, bibliometría o proximidad (Pérez Lescano, 2018).

#### **1.7.1.2 Sistemas de control de acceso en red**

Está compuesto por un conjunto de elementos y dispositivos que se interconectan a través de un controlador central, el mismo puede ser local o remoto. Se emplea un *software* de control para llevar un registro e historial de las diferentes operaciones realizadas por el sistema con su respectiva fecha, hora, e ingreso o bloqueo. Cada uno de los dispositivos empleados están organizados en nodos, en donde cada uno de estos contienen a los equipos que controlan el acceso o bloqueo en áreas especificadas. La comunicación entre los nodos se la implementan mediante diferentes protocolos, que puede tratarse de conexión ethernet de tipo RS-485 o RS-422 para áreas locales, y RS-232 para la comunicación entre un controlador central y nodos en áreas remotas. Se puede activar o bloquear el acceso mediante la generación de señales eléctricas de elementos sensores, o a su vez, mediante la lectura de información de elementos de reconocimiento y lectura de patrones específicos. (Pérez Lescano, 2018).

### ***1.7.2 Componentes de un sistema de control de acceso***

Los diferentes dispositivos y elementos que forman parte de estos sistemas están en función de su tipo, pero en forma general, cada uno de estos sistemas debe contener el control de acceso o bloqueo de una zona. Los elementos que forman parte de un sistema de control de acceso automático con conexión en red son los siguientes: lector o terminal, credencial, servidor, controlador, mecanismo de apertura y elementos de alimentación (Pérez Lescano, 2018).

### ***1.7.3 Tecnologías de auto identificación para el control de acceso***

Dependen directamente del tipo de tecnología empleado para su implementación, así como también del nivel de seguridad que se desea mantener en todo el sistema, pudiendo tratarse de sistemas de control de acceso por proximidad, hasta un control por medio de tecnología biométrica. A continuación se exponen las principales tecnologías empleadas para llevar a cabo un correcto control de acceso (Pérez Lescano, 2018).

#### ***1.7.3.1 Sistemas de control de acceso por proximidad***

Este sistema está diseñado para trabajar con tecnología inalámbrica de identificación mediante radiofrecuencia, identificando automáticamente un objeto, esto debido a una onda emisora transmitida desde el mismo. Emplean dispositivos activos o pasivos para transmitir la onda electromagnética. Los elementos RFID poseen una fuente de alimentación integrada la cual genera la señal de radio frecuencia. En este tipo de sistema el usuario no mantiene un contacto directo con el mismo, evitando de esta manera un desgaste físico, que ocurre con frecuencia en sistemas con tecnologías invasivas (Pérez Lescano, 2018).

La comunicación en el sistema la inicia el lector, leyendo siempre los objetos RFID que puede tratarse de pulseras, tarjetas o llaveros que están a centímetros de distancia del mismo. Se emplea microcontroladores integrados, estos poseen comunicación ethernet, además almacena y lleva un registro de las diferentes actividades y operaciones realizadas (Pérez Lescano, 2018).

### *1.7.3.2 Sistema de control de acceso por clave*

Su funcionamiento consiste en la lectura o captura de una clave de acceso o contraseña, la cual puede ser ingresada al sistema mediante el empleo de un teclado alfanumérico. Cada uno de los usuarios dispone de un código único de identificación para activar el acceso. Se trata de sistemas muy económicos debido a sus componentes electrónicos, pero su principal desventaja es que presentan un nivel de seguridad bajo (Pérez Lescano, 2018).

### *1.7.3.3 Sistema de control de acceso por tarjetas magnéticas*

Se componen de dispositivos fabricados de material PVC o polyester, en la que se añade una banda magnética. Mediante un lector especializado, se descifra el código que contiene la tarjeta, y si el código leído es válido, se envía una señal eléctrica para la activación del acceso en cuestión. Se trata de un sistema de bajo costo y larga vida útil, su principal desventaja radica en la pérdida de la información de la banda magnética debido a la fricción que se da en cada lectura entre la tarjeta y el lector (Pérez Lescano, 2018).

### *1.7.3.4 Sistema de control de acceso biométrico*

Se trata de sistemas que se caracterizan por reconocer o censar algún parámetro físico o comportamiento de un determinado usuario, para de esta manera identificarlo de forma única, determinando o identificando la identidad del mismo. Todos y cada uno de los seres humanos poseen características morfológicas únicas en cada espécimen, como puede ser, huella dactilar, iris, características faciales, tono de voz, etc. Su funcionamiento consiste en la lectura biométrica, capturar una imagen analógica o digital, para ser analizada automáticamente por un procesador, y de acuerdo a la base de datos existente y a las diferentes funciones del sistema, se determina si el usuario es o no válido para permitir el acceso a una zona, o a su vez, bloquearla sin la intervención de un operador (Pérez Lescano, 2018).

La autenticación en estos sistemas se lo realiza comparando la muestra que ha sido recogida del usuario para ser comparada con los registros existentes en una base de datos con todos los patrones biométricos que han sido validados, es un método muy eficiente, pero requiere de un alto tiempo de proceso y respuesta. Presenta también varias ventajas, como integración y escalabilidad sencilla, el usuario no debe realizar memorización de datos, y la identificación es personal y única.

Su principal desventaja es el costo y tiempo de autenticación, ya que ambos son altos (Pérez Lescano, 2018).

Existen diferentes tipos de control de accesos biométricos en función de la característica física a ser censada, entre las tecnología más famosas y empleadas se encuentran: Lectura de huella dactilar, geometría de mano, reconocimiento facial, reconocimiento de voz, reconocimiento de iris, y sistemas combinados (Pérez Lescano, 2018).

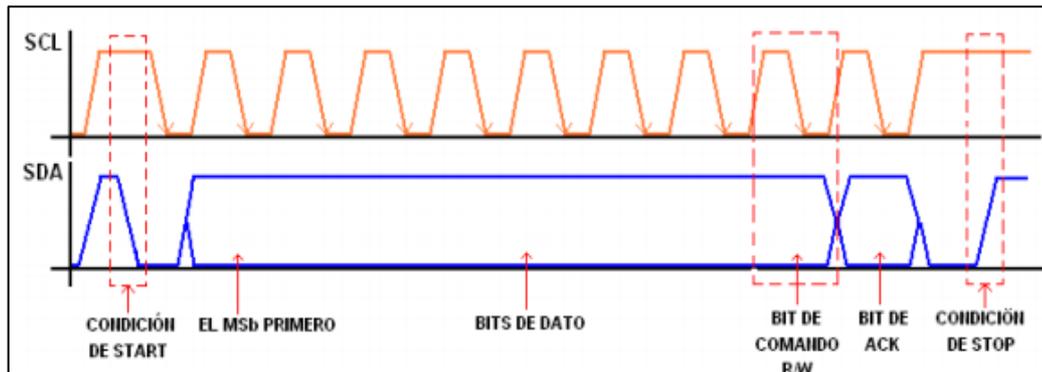
## **1.8 Comunicación I2C**

Este protocolo de comunicación entre dispositivos electrónicos fue creado y desarrollado por la empresa Philips, con el propósito de obtener un sistema de conexión de dispositivos que se encuentran a distancias cortas, con una velocidad de transmisión de datos en el orden de los Kbps. Para realizar la comunicación este protocolo emplea dos líneas de conexión, una de ellas es el Serial Clock (SCL), la cual es la línea que contiene el temporizador de sincronismo, mejor conocido como el Clock de la señal a transmitir. Y la otra línea es llamada Serial Data (SDA), el cual se emplea para transmitir los datos de manera serial y en tiempo real. Al contar con una línea para transmisión de datos y otra línea como temporizador, este protocolo se convierte en un sistema bidireccional, siendo el mismo un sistema maestro – esclavo (Osio et al., 2011).

El master es el encargado de manejar las líneas SCL y SDA en el transcurso de una comunicación empleando dicho protocolo (Osio et al., 2011).

### ***1.8.1 Trama de transmisión de datos I2C***

La transmisión de datos en este protocolo se da por medio de paquetes de información de 8 bits, aunque también existe de 10 bits. Para este tipo de comunicación es necesaria una condición inicial, seguido de esta condición se encuentran los bits de datos que se desean enviar, y se guarda un bit del paquete total para la señal de reconocimiento (ACK), y por último se encuentra la conexión de stop (Osio et al., 2011). En la figura 11-1 se expone un diagrama general en donde explica de manera detallada la manera en la que se realiza la trama en este tipo de comunicación e intercambio de datos:

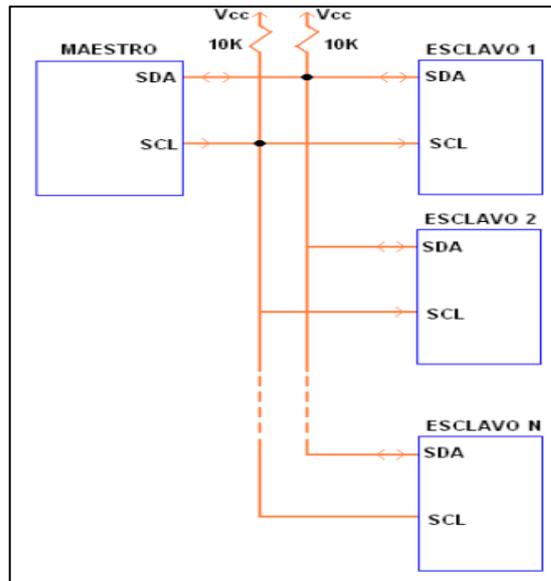


**Figura 11-1:** Trama de una transmisión del protocolo I2C

Fuente: (Osio et al., 2011)

Como se puede observar, cuando la señal SDA se encuentra en un flanco descendente y la señal SCL se encuentra en alto, se cumple y se da la condición de inicio. Luego de aquello, Los bits de campo de datos se comienzan a transmitir, manteniendo el valor que posee el bit en todo el periodo en donde la señal SCL está en alto. Es decir, el cambio de bit se realiza en el estado en bajo de la señal del Clock. Después, se ejecuta el bit de reconocimiento, en estado bajo el mismo es un bit verdadero y envía al dispositivo (esclavo), que recibe el dato. Por último, se ejecuta la señal de stop cuando el Clock se encuentra en estado bajo (Osio et al., 2011).

En este tipo de protocolo al contar con varios dispositivos conectados, también existe la posibilidad de que existan varios maestros que puedan intervenir en el bus. Mediante el mecanismo de arbitraje de bus definido se puede lograr esta acción, con esto, se resuelve el problema que se genera cuando dos maestros desean ingresar a la red de manera simultánea. Para que todo este proceso se facilite de gran manera, las líneas SCL y SDA son open drain, ya que de esta manera se facilita el control de flujo y arbitraje de maestro principal (Osio et al., 2011). En la figura 12-1 se muestra la configuración general que establece la comunicación I2C:



**Figura 12-1:** Configuración típica de conexión maestro/esclavo I2C  
Fuente: (Osio et al., 2011).

También se puede presentar el caso en el que todos los maestros puedan monitorear el bus de conexión, pero tan sólo uno de ellos puede acceder o tomar el control, y esto solamente cuando la línea está desocupada. Pero si uno de los maestros no está al mando de la línea de datos serial en bajo, pero también censa que está en bajo, entonces determina que otro maestro está a cargo en ese momento de la línea de datos, y en este caso el maestro perdió el control de la transmisión de datos (Osio et al., 2011).

## 1.9 Internet de las cosas (IoT)

Este es un tipo de arquitectura de interconexión que se basa en el internet global, lo cual facilita de gran manera el intercambio de bienes y servicios entre distintas redes de una cadena de suministro, a la vez, tiene un alto impacto tanto en la privacidad y seguridad de los involucrados. También hace referencia a una interconexión en una red de varios objetos y equipos que son empleados de manera cotidiana, los cuales son fabricados con cierto nivel de inteligencia (CISCO, 2017).

Se puede comprender de igual manera a este tipo de conexión como una plataforma para diversos dispositivos que se comunican electrónicamente, intercambian y comparten datos e información específica con el medio que los rodea. Es por ello, que a la IoT es considerada como una gran

evolución del internet, ya que presenta interconectividad robusta, mejor calidad de información y servicios inteligentes completos (CISCO, 2017).

IoT estudiado desde el punto de vista electrónico se define como la combinación de sensores y actuadores que proporcionan y reciben información de tipo digital, esta información es enviada a redes bidireccionales, las cuales son capaces de transmitir esta gran cantidad de datos para que sean utilizados por diferentes servicios y usuarios finales (CISCO, 2017).

### **1.9.1 Protocolo de comunicación MQTT**

Este protocolo de comunicación lleva el nombre de “*Message Queue Telemetry transport*”, el mismo posee un método de envío y recepción de información de tipo publicación/suscripción, logrando de esta manera ser un protocolo totalmente simple y ligero, además de ser un método libre y de acceso directo. En los últimos años ha sido muy empleado en aplicaciones referentes al internet de las cosas (IoT), debido a su alto estándar de seguridad, ya que dentro de sus diferentes características, se puede añadir en su estructura un nivel de seguridad de tipo SSL, lo cual permite al usuario tener plena seguridad en que su información y seguridad ante un posible intento de intervenir en la misma (Vega, 2020).

Este tipo de protocolo de comunicación se implementa sobre el nivel de TCP/IP, con esto se logra que el mensaje o información se entregue como mucho una sola vez, o también exactamente una vez. De esta manera se mantiene seguro la llegada del mensaje al destino. Cabe recalcar que su lenguaje comunicación también es conocido como Machine to Machine (M2M), esta característica permite que dos dispositivos conectados mediante este protocolo de comunicación establezcan un intercambio de información directamente entre los mismos. Permite realizar un mantener una comunicación de tipo bidireccional, esto, llevando un orden en la comunicación, y a la vez, conservar un orden. Posee también entre sus características una distribución de mensajes de uno a muchos, otra de sus ventajas es que minimiza el tráfico de red y notifica a todos los usuarios e interesados una conexión desconexión anormal (Vega, 2020).

### **1.10 Sistema de control**

Se define a un sistema de control como un conjunto de elementos que trabajan de manera complementaria y simultánea, tal que proporcione una salida con una respuesta deseada o esperada (Carrillo, 2011).

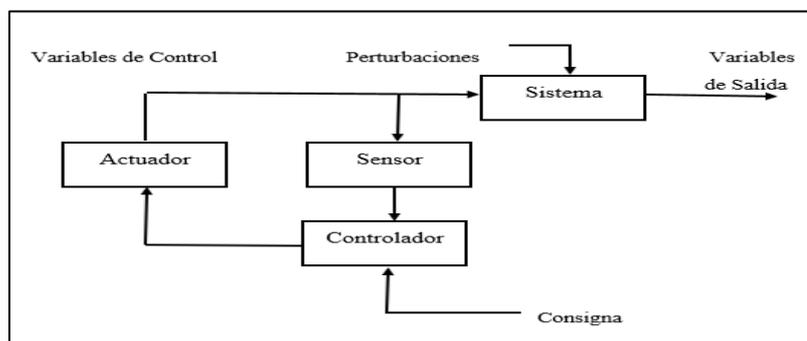
El objetivo principal de un sistema de control es conseguir un dominio total de las variables de salida a través de la manipulación de todas las variables de control que se disponga, para que de esta manera se alcance un valor deseado al cual se lo llama “consigna” (Alvarez Brotons, 2004).

Este tipo de sistemas de cumplir con ciertos parámetros en su diseño para cumplir con su objetivo, los principales son: Debe tener como prioridad y garantizar la estabilidad frente a las posibles perturbaciones que se pueden dar en el sistema, así como también en los errores en el modelamiento del mismo, para lo cual se desea que el sistema sea robusto. La eficiencia es uno de los factores cruciales, ya que se debe asegurar que la acción de control sea realizable para las variables de entrada que se desee controlar, evitando de esta manera comportamientos no deseados. Otro punto clave es que permita operar en tiempo real con la ayuda de un controlador (computadora), y se lo pueda implementar de manera sencilla (Alvarez Brotons, 2004).

Los componentes esenciales en un sistema de control que permiten tener un comportamiento y desempeño deseado son los siguientes:

- Sensores: Son aquellos elementos transductores que permiten obtener las variables que fueron medidas en el sistema
- Controlador: Es aquel elemento microprocesador o microcontrolador, que realiza una serie de operaciones y acciones combinando las variables medidas y los parámetros de control en base a cierta estrategia establecida y estudiada.
- Actuador: Es el elemento del sistema que se encarga de ejecutar las acciones que fueron calculadas por el controlador, modificando las variables de control y de esta manera, obteniendo las variables de salida deseadas (Alvarez Brotons, 2004).

En la figura 13-1 se expone el diagrama de bloque general del funcionamiento de un sistema de control y todos sus componentes:



**Figura 13-1:** Esquema general de un sistema de control

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Fuente:** (Alvarez Brotons, 2004)

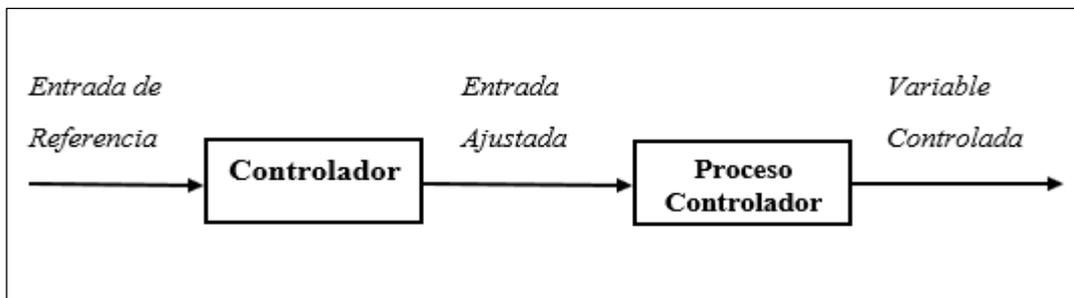
### 1.10.1 Tipos de Sistemas de control

Existen diversos tipos de sistemas para realizar un control en específico, pero la clasificación más común se divide en dos grandes grupos, los cuales son: Sistemas de control a lazo abierto y sistemas de control de lazo cerrado (Carrillo, 2011).

#### 1.10.1.1 Sistema de control de lazo abierto

Es aquel tipo de sistema en el cual la señal que se obtiene a la salida no se ve afectada de ninguna manera por la señal de entrada, ya que la señal de salida no es retroalimentada hacia la entrada del sistema, cuando no se realiza esta comparación el sistema es mucho más compacto y menos robusto, lo cual facilita el proceso de control (Carrillo, 2011).

Las partes o elementos que forman parte de este tipo de sistema de control son los siguientes: Señal de entrada o referencia, controlador, proceso controlado y variable controlada (Carrillo, 2011). En la figura 14-1 se muestra los elementos que forman parte de este tipo de sistema de control:



**Figura 14-1:** Elementos de un sistema de control de lazo abierto

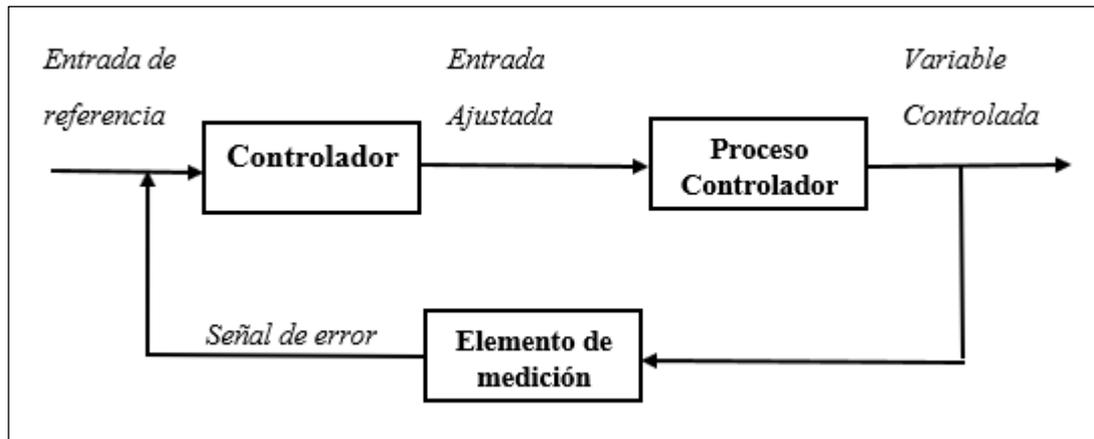
Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Fuente: (Carrillo, 2011)

#### 1.10.1.2 Sistema de control de lazo cerrado

Es aquel sistema en el cual la señal de salida es retroalimentada a la entrada del sistema. Es decir, se alimenta con la señal de error, esta señal es el resultado de la diferencia entre la señal de entrada y la señal retroalimentada, esto se da con la finalidad de reducir al máximo el error, logrando de esta manera obtener una salida del sistema con el valor deseado (Carrillo, 2011).

Un punto muy importante de este tipo de sistemas es que mantiene su exactitud y es insensible de gran manera ante las perturbaciones. Toda su funcionalidad se la puede aplicar a sistemas que presentan altas perturbaciones o variaciones que se pueden presentar en cada uno de los componentes que forman parte de dicho sistema (Carrillo, 2011). En la figura 15-1 se expone los elementos que conforman un sistema de control de lazo cerrado:



**Figura 15-1:** Elementos de un sistema de control de lazo cerrado

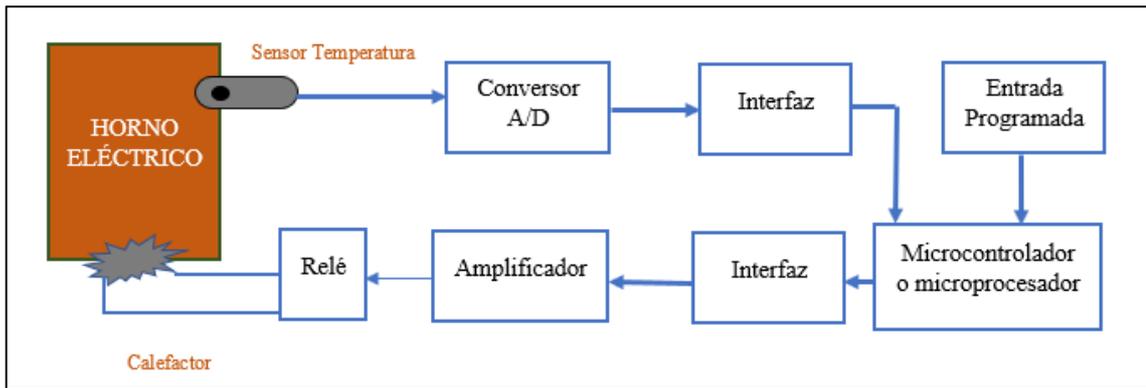
Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Fuente: (Carrillo, 2011)

### 1.10.2 Sistema de control de Temperatura

El proceso y los componentes que forman parte de un sistema de control de temperatura depende de la aplicación, robustez y funcionalidad del mismo. Pero existen elementos fundamentales que describen los componentes básicos de este tipo de sistemas. La temperatura o la señal de entrada es captada y medida por un sensor de temperatura, este sensor es un dispositivo analógico. Dicha señal mediante un dispositivo conversor analógico-digital, es convertida para que pueda ser leída y procesada por un microprocesador (controlador), a través de una interfaz. Luego, se compara la medida captada por el sensor con la temperatura deseada o programada, y en el caso de existir una diferencia, el controlador se encarga de enviar una señal al elemento actuador para que el mismo se encargue de compensar o adecuar la señal para obtener una respuesta deseada. La salida de este tipo de sistemas en la variable temperatura, el controlador en gran parte suele ser un microprocesador o computador, y la señal de entrada la obtenida por el elemento sensor (Carrillo, 2011).

En la figura 16-1 se expone un ejemplo de este tipo de sistema de control, en el cual se puede observar el control de temperatura de un horno eléctrico, donde se evidencia la presencia de los componentes fundamentales de este sistema expuestos anteriormente.



**Figura 16-1:** Sistema de control de temperatura de un horno eléctrico

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Fuente:** (Carrillo, 2011)

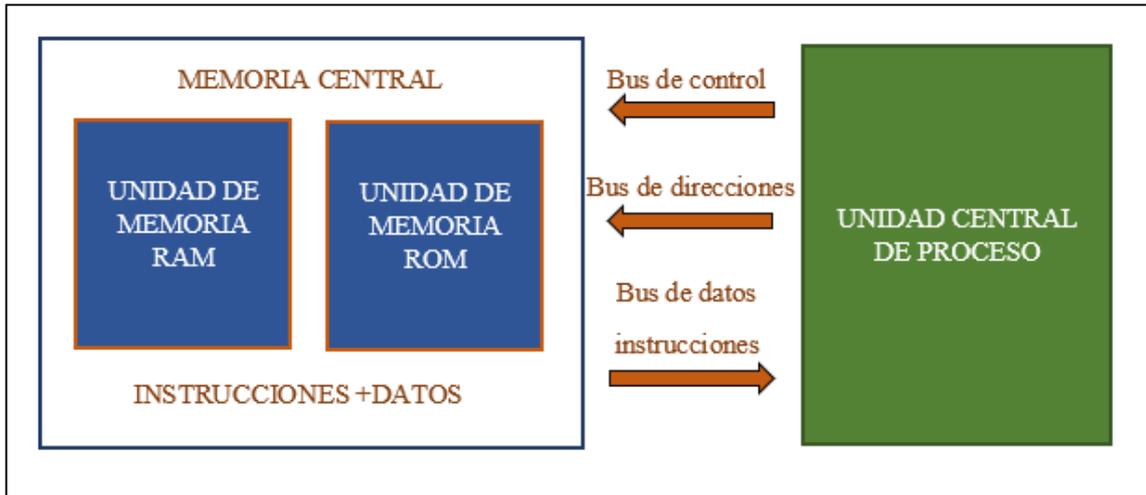
## 1.11 Microcontroladores

Este es un dispositivo electrónico con la capacidad de ejecutar y realizar procesos lógicos. Todos los procesos o tareas que se desean ejecutar por medio de estos circuitos integrados son programados en diferentes lenguajes de programación existentes, el más empleado hoy en día es el lenguaje assembler, dicho código es transmitido al IC por medio de un elemento programador (Aguayo, 2004).

Son considerados como pequeñas unidades de computadores, que posee consigo una escala de integración inmensa (VLSI), la cual posee en su interior una unidad central de procesamiento (CPU), también cuenta con una memoria para el respectivo código (RAM), así como también con memoria para los datos (ROM), temporizadores, fuentes de interrupción y todos los recursos que son necesarios para la ejecución de una determinada tarea para la cual fue programado. Dentro de la memoria de este elemento electrónico se encuentra un programa para ejecutar una tarea en específico, y al contar con una serie de puertos de entrada y salida, se pueden conectar y fusionar con el mismo a dispositivos sensores y actuadores, que, en conjunto, cumplirán con la tarea a controlar. Cuando se ha programado y configurado por completo a un microcontrolador, solamente servirá para cumplir con dicha función, hasta que sea configurado para cumplir con otras tareas en específico (Peña, 2008).

Existen dos tipos de arquitecturas internas dentro de un microcontrolador, las dos arquitecturas más empleadas dentro de este tipo de circuitos cerrados son: La arquitectura de Von Neumann, así como también la arquitectura Harvard. El modelo de Neumann presenta una sola memoria principal en donde son almacenados tanto los datos y las instrucciones, cada una de manera

distinta. Para acceder a dicha memoria se realiza el empleo de un sistema de buses de direcciones, datos y control (Peña, 2008). En la figura 17-1 se expone el modelo en cuestión:

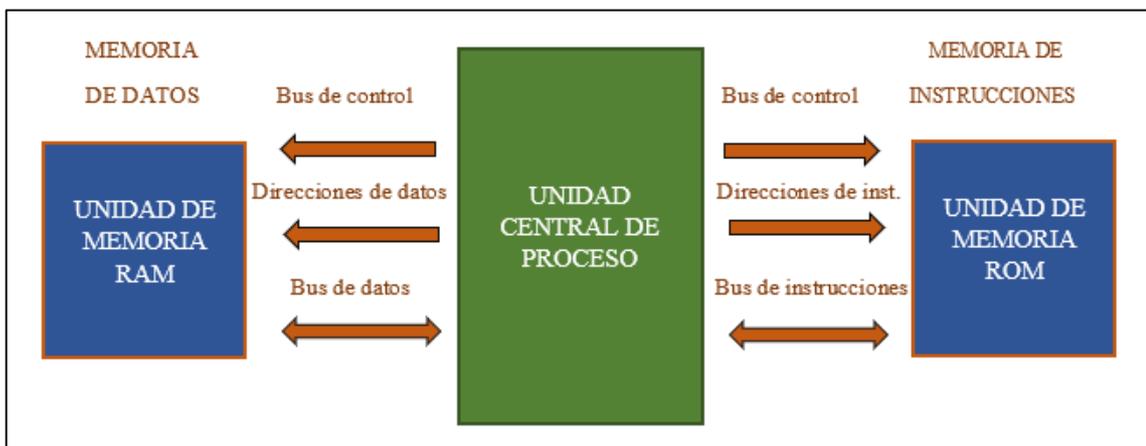


**Figura 17-1:** Arquitectura de procesamiento de Von Neumann

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Fuente: (Peña, 2008)

Por otro lado, el modelo Harvard cuenta en su composición con dos memorias independientes, una de ellas posee las instrucciones, y la otra memoria contiene los datos a procesar, en la figura 18-1 se expone el modelo de Harvard (Peña, 2008).



**Figura 18-1:** Arquitectura de procesamiento de Harvard

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2020.

Fuente: (Peña, 2008)

## 1.12 Arduino

Esta es una plataforma de prototipos y dispositivos de código abierto, los cuales poseen tanto *hardware* como *software* libres y fáciles de usar. Todo su entorno está pensado y desarrollado para todos quienes desean crear proyectos, trabajos, objetos o entornos interactivos. La plataforma Arduino puede relacionarse directamente con el entorno mediante la recepción de diferentes señales enviadas por dispositivos sensores hacia los puertos de entrada del mismo, y a la vez, puede actuar y modificar dicho entorno a través de la activación de diferentes dispositivos actuadores como motores y luces. Estas señales pueden ser enviadas desde los puertos de salida del *hardware* de esta plataforma, ya que se trata de una tarjeta de desarrollo. El microcontrolador que posee en su interior puede ser programada por un lenguaje propio de Arduino llamado “Arduino Programming Language”. Los proyectos que se pueden desarrollar en esta plataforma pueden funcionar de manera autónoma, así como también se pueden comunicar mediante *software* en ejecución en un microprocesador o computador (Enríquez Herrador, 2009).

### 1.12.1 Hardware de Arduino

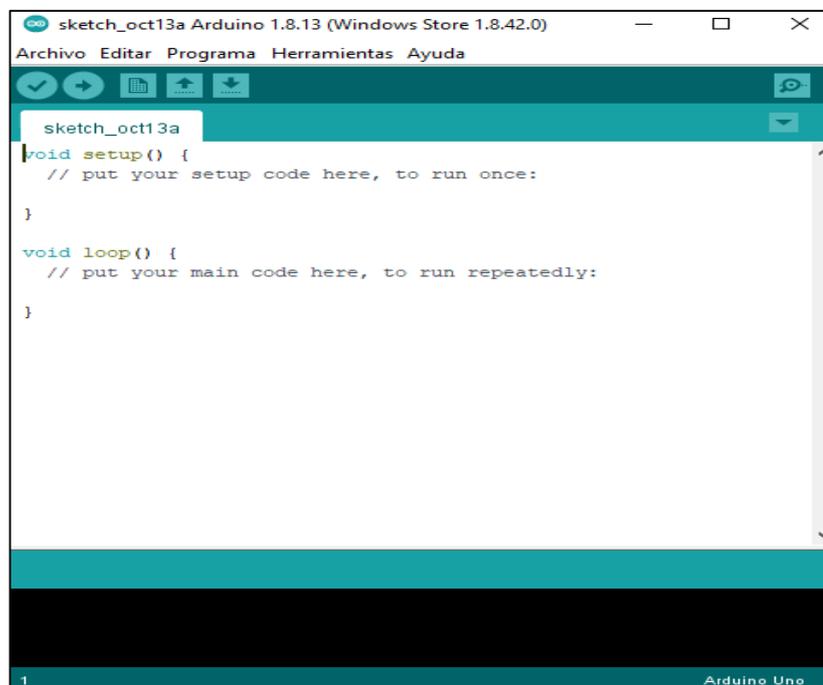
El componente principal de esta plataforma es un pequeño tablero el cual posee como centro un microcontrolador, el cual es un pequeño circuito integrado con la capacidad de procesar información y ejecutar tareas como las de un computador común. Dentro de la misma placa de desarrollo se han insertado diversos componentes para que el microcontrolador pueda comunicarse y establecer conexión y comunicación con elementos externos, para de esta manera cumplir con una tarea en específica. Existen muchas versiones de tarjetas de desarrollo de Arduino, las cuales van desde la placa más sencilla y práctica para cumplir con tareas pequeñas, hasta las tarjetas con microcontroladores más avanzados y robustos para cumplir y ejecutar con proyectos de mayor jerarquía (Banzi & Shioh, 2016).

En función de la placa de desarrollo de las que ofrece la plataforma Arduino, podremos encontrar sus diversos componentes y partes, pero cada uno de ellos tienen componentes comunes como son: Referencia para terminales analógicos, terminales de tierra (GND), terminales digitales de entrada y salida, botón de reset, entrada mini o USB, microcontrolador ATmega, Fuente de alimentación externa llamado voltaje de entrada ( $V_{in}$ ), terminales analógicos, etc. (Lledó Sánchez, 2012).

### 1.12.2 Software de Arduino

La herramienta digital IDE (Integrated Development Environment), consiste en un programa especial de dicha plataforma, el cual es abierto, en el que se puede desarrollar una infinidad de trabajos y proyectos en una placa Arduino (Banzi & Shioh, 2016).

Dicha plataforma posee un lenguaje propio de programación, el cual está basado en gran manera en C/C++. Uno de los puntos más importantes de esta herramienta es que se puede emplear de manera conjunta con otros lenguajes de programación como Java, Python, Matlab, etc. Esto es posible dado que los lenguajes nombrados anteriormente se pueden comunicar a través del uso de la comunicación de datos serial, y Arduino ofrece esta opción de comunicación, permitiendo de esta manera, que se pueda fusionar varios proyectos y tareas. El entorno de desarrollo de esta plataforma presenta una forma intuitiva y sencilla en su estructura, logrando de esta manera que la creación de nuevas tareas y proyectos sea cada vez más fácil. Además, posee la gran ventaja que se puede descargar de manera gratuita en la página oficial de Arduino (Lledó Sánchez, 2012). En la figura 19-1 se expone los componentes y herramientas principales del *software* IDE de Arduino:



**Figura 19-1:** Ventana principal *software* IDE de Arduino

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2020.

### 1.13 *Software de diseño CAD*

El diseño asistido por computador es aquella tecnología o *software* en la cual se emplean computadores para un mejor diseño, desarrollo, modelado y fabricación de diferentes elementos u objetos. Con este tipo de herramientas digitales todo el trabajo de desarrollo gráfico se lo realiza con mayor rapidez y precisión, así como también a menor costo (Carrasco Garcia, 2006).

Este tipo de *software* se aplica en un sinnúmero de procesos de mano factura, así como también en el diseño y modelado de piezas que poseen una alta complejidad geométrica, moldes, troqueles y máquinas que requieren un alto nivel de calidad y precisión en su diseño, y a la vez, también contenga exactitud dimensional. Específicamente en el *software* CAD (Dibujo asistido por computador), la persona que diseña o modela se encarga de representar de manera gráfica el dispositivo o pieza de manera digital por medio de esta herramienta digital, realizando diferentes actividades como: modelo, líneas, arcos, cortes, trazos, planos, segmentaciones, etc. Los planos o dibujos que se realizan en dicho *software* pueden representarse tanto en 2 como en 3 dimensiones. Cuando se trabaja en piezas de 3 dimensiones se puede realizar diversas opciones para mejorar el producto final, como superficies y sólidos, con la gran ventaja de que el usuario puede conservar y editar dicho modelo digital de manera parcial o total, y llevar dicho modelado digital a una pieza sólida. Los *software* más comerciales y empleados en la actualidad son: Autocad, Autodesk Inventor, SolidWorks, entre otros (Carrasco Garcia, 2006).

#### 1.13.1 *SolidWorks*

Este es un *software* de tipo CAD (dibujo asistido por computadora), para realizar y desarrollar modelos mecánicos de diferentes piezas y máquinas, este es un *software* desarrollado por SolidWorks Corp. Se lo considera como un modelador de sólidos paramétrico, ya que permite al usuario crear y modificar un proyecto gráfico de manera exacta y precisa. Este programa fue introducido al mercado en el año de 1995 con grandes competidores CAD, como Solid Edge y Autodesk (Fernández & Díaz, 2015).

Este *software* permite al diseñador modelar diferentes piezas, a la vez, modificar, ensamblar y extraer todo tipo de detalles, partes e información que es necesaria para la producción de la misma. Este es un programa que emplea todo tipo de nuevas tecnologías y técnicas de modelado desarrolladas para ambientes CAD. El objetivo principal de este es construir de manera virtual toda una pieza o conjunto, para de esta manera fabricar dichas piezas en el mundo real (Fernández & Díaz, 2015).

Se lo considera como una gran herramienta de diseño de fácil aprendizaje e interacción, la cual hace posible que los usuarios y diseñadores mecánicos croquicen rápidamente sus ideas, experimenten con diversas herramientas y operaciones que contiene el programa como: cortes acotaciones, trazos, sólidos, planos, etc. Obteniendo de esta manera modelos, piezas y dibujos con un alto nivel de desarrollo, exactitud e ingeniería (García Grado, 2004).

## **1.14 Base de datos**

Se trata de un banco de datos que están relacionados en diversas maneras de organización y registro. Esta representa un sinnúmero de información del mundo real, sobre todo aquellos datos que son de interés del usuario, toda esta información es almacenada para una función o propósito en específico. Estos pueden ser de diferentes tipos, como direcciones, llamadas, mensajes de texto, y diferentes variables que el usuario considere oportuno para su monitoreo y supervisión. En función del sistema gestor de base de datos se encuentra el alcance y la capacidad que posee una determinada base de datos. (Gutiérrez, 2010).

### **1.14.1 Ubidots**

Es una gran herramienta de tipo IoT, la cual permite entre sus diferentes funciones y herramientas, el registrar varios datos y variables que se obtienen a través de diferentes dispositivos y sensores. Otra función muy importante es el enrutamiento de los datos hacia esta plataforma en tiempo real, así como también permite realizar un control remoto de los dispositivos enlazados a esta herramienta digital. Dentro de su composición, presenta un punto de acceso a sus diferentes funciones a través de protocolos de internet muy empleados en la actualidad como son HTTP, MQTT, TCP, UDP, los cuales permiten al usuario interactuar con otros programas, entornos digitales y lenguajes de alto nivel (Cabrera, 2020).

Una función muy especial que la destaca de otros sistemas gestores de información es que hace posible la creación de aplicaciones para el control y monitoreo de diversos proyectos a través del internet de las cosas. Permite una comunicación directa con los dispositivos y sensores a emplear, por lo que la robustez del código de desarrollo y programación se reduce de gran manera. Otra de sus principales ventajas es que presente un modo Free (libre), en donde los usuarios pueden desarrollar diferentes prototipos funcionales y gratuitos (Huayhuapuma & Moriano, 2018).

## 1.15 Matlab

Se trata de un programa enfocado en realizar un sinnúmero de cálculos numéricos empleando vectores y matrices, por lo que se puede emplear en las tareas a realizar números escalares, cadenas de caracteres, así como también varias estructuras de información más complejas y avanzadas. Esta herramienta fue diseñada con un lenguaje de alto rendimiento para resolver cálculos técnicos, es por ello que se lo considera un entorno de trabajo y lenguaje de programación a la vez. También permite al usuario crear funciones y programas especiales adaptados a determinadas necesidades de la ciencia e ingeniería (Casado Fernández, 2015).

Esta plataforma ofrece un entorno totalmente interactivo, mediante una ventana en donde el usuario puede introducir órdenes, operaciones y funciones a manera de texto o numérico, para obtener su respectivo resultado en la misma ventana. También se pueden obtener distintas gráficas, las cuales se despliegan en distintas ventanas según sea el caso. En otras palabras, es una fuerte herramienta de desarrollo y resolución de problemas matemáticos, a la vez, presenta una alta gama de herramientas que permiten a la ingeniería y ciencia seguir innovando y produciendo nuevos conocimientos y proyectos complejos (Benítez & Hueso, 2004)

## CAPITULO II

### 2. PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO

La presente sección contiene la descripción de los elementos para el diseño tanto de *hardware* y *software* del dispositivo medidor automático de temperatura corporal libre de contacto directo; cada uno de los apartados considerados presentan funciones específicas que deben cumplir a cabalidad, es por ello que se detalla cada elemento empleado en su construcción, características técnicas, análisis en la selección de componentes, a la vez, se expone cada uno de los esquemas eléctricos y electrónicos de los circuitos realizados.

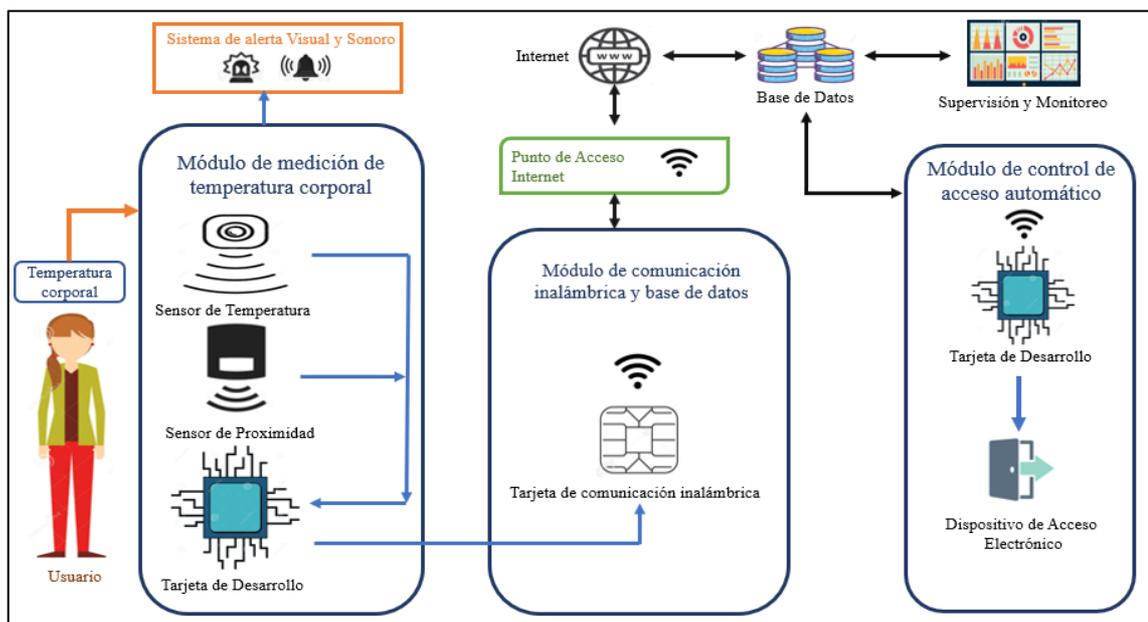
#### 2.1 Requerimientos en el diseño del sistema

El dispositivo debe contar con los siguientes requerimientos:

- Realizar una lectura de la temperatura corporal controlando a una distancia de medición establecida mediante sensor de proximidad.
- Visualizar el valor de la temperatura corporal medida.
- Emitir mensajes de alerta visual y sonora al sobrepasar los límites temperatura corporal.
- Emitir una señal para el control de acceso automático de personas en función del rango de temperatura permitido.
- Mantener información historica de datos mediante base de datos con comunicación remota basada en los principios IoT.
- Emitir estadistas de los datos obtenidos
- Sistema de fácil instalación y acoplamiento a sistemas electrónicos de acceso existente.
- Bajo consumo de energía eléctrica.
- Capacidad de funcionamiento del sistema de manera autónoma.
- Capacidad de medición autónoma.
- Sistema de uso intuitivo y amigable con el usuario.

## 2.2 Arquitectura del prototipo de sistema

La figura 1-2 describe de manera general la arquitectura del sistema planteado, en donde se puede evidenciar la metodología empleada para la medición automática de la temperatura corporal y control de acceso entre los diversos aspectos que son considerados; en donde se incluyen todos y cada uno de los elementos del sistema como *hardware* y *software* para cumplir los diferentes requerimientos, para que de esta manera todo el sistema pueda convertirse en una solución tecnológica para el control y prevención de contagio del virus Covid 19 en la sociedad actual.



**Figura 1-2:** Arquitectura general del sistema de medición automática de temperatura corporal libre de contacto directo y control de acceso.

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se observa en la figura 1-2, en primer lugar, se procede a medir la temperatura corporal a la distancia precisa para el cual sensor de temperatura fue diseñado por el fabricante, para controlar esta distancia óptima de medición, se emplea un sensor de proximidad. Luego de haber obtenido esta medición, este dato es analizado por una tarjeta de desarrollo, y a la vez, es procesado por un algoritmo de compensación, con la finalidad de disminuir al mínimo el porcentaje de error en las mediciones que se realizan. Después, se envían los datos obtenidos hacia una base de datos de acceso remoto a través de una tarjeta de comunicación inalámbrica, para que todos los datos obtenidos puedan ser supervisados y monitoreados, así como también llevar un registro de las mismas. Por último, otra tarjeta de desarrollo con comunicación inalámbrica se encarga de obtener los datos de la temperatura corporal desde la base de datos, para que en función de esta variable se pueda realizar un control de acceso automático. Si la

temperatura está dentro del rango normal, el dispositivo de acceso electrónico se habilita y el usuario pueda acceder a la misma, caso contrario este dispositivo de mantiene bloqueado ante una temperatura corporal elevada.

El prototipo del sistema posee en su composición 5 funciones principales, los cuales son:

### ***Medición de Temperatura***

Aquel encargado de tomar la temperatura corporal de la persona, mediante el empleo de un sensor de temperatura infrarrojo se encarga de medir la temperatura de manera analógica y la transforma a una señal digital para que pueda ser estudiada y analizada.

### ***Medición de Proximidad***

Cumple con la función de medir la proximidad entre el sensor de temperatura y el individuo al cual se desea medir su temperatura corporal, con el propósito de realizar dicha medición a la distancia óptima y eficaz para la cual el sensor de temperatura infrarrojo es diseñado. En esta función se emplea un sensor de proximidad óptico.

### ***Sistema de alarmas sonoras y visuales***

Se encarga de comunicar a los usuarios si la temperatura corporal medida se encuentra en un nivel dentro del rango normal, o a su vez, si la temperatura corporal está en un nivel alto o de riesgo, para ello se emplea elementos de alarma sonoros y visuales para dar a conocer al usuario y al entorno en donde se encuentra cual es el estado de su temperatura, de esta manera, el usuario determina las acciones a tomar.

### ***Control de acceso automático***

Esta se encuentra en función de la temperatura corporal medida al individuo, permitiendo o restringiendo el acceso a un determinado lugar basados en el nivel de temperatura procesado por el sistema.

### ***Base de datos***

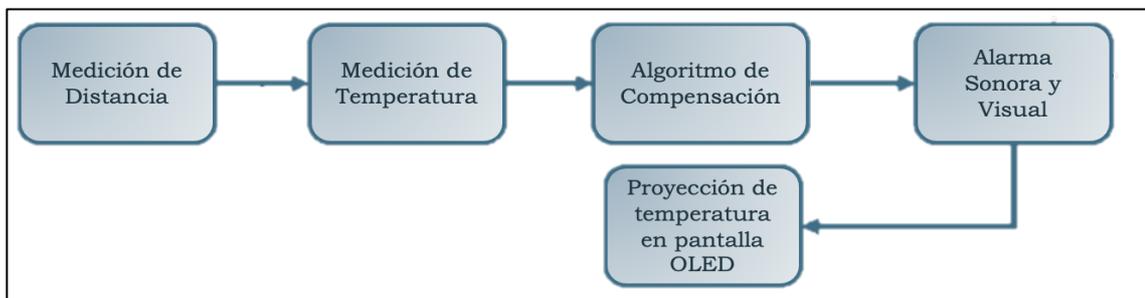
Permite llevar un registro de mediciones de temperatura corporal realizadas a los usuarios del sistema, creando un historial para efectuar un posterior análisis de estas mediciones.

## 2.3 Diagrama de bloques de los módulos del sistema

Después de haber definido las funcionalidades principales del sistema de medición automática de temperatura corporal libre de contacto directo, se procede con el desarrollo de cada módulo del sistema planteado, en donde se aprecia las diferentes etapas y periodos necesarios para cumplir con los objetivos y funciones, a la vez, se muestra las indicaciones de implementación de *hardware* y *software*.

### 2.3.1 Módulo de medición automática de temperatura corporal (MMTC)

En la figura 2-2 se expone mediante un diagrama de bloques el proceso para efectuar la medición automática de temperatura corporal sin la intervención de un operador. Para lo cual, se emplea un sensor de temperatura infrarrojo, el cual opera en conjunto con un sensor de proximidad óptico, con la finalidad de obtener una medición de temperatura corporal a una distancia óptima para la cual fue diseñado el sensor de temperatura. De esta manera se mejora la precisión del sensor, ya que se encuentra operando dentro del rango óptimo de funcionamiento especificado por el fabricante, con el objetivo de reducir el porcentaje de error en las mediciones tomadas entre el individuo y el sensor de temperatura.



**Figura 2-2:** Diagrama de bloques del MMTC

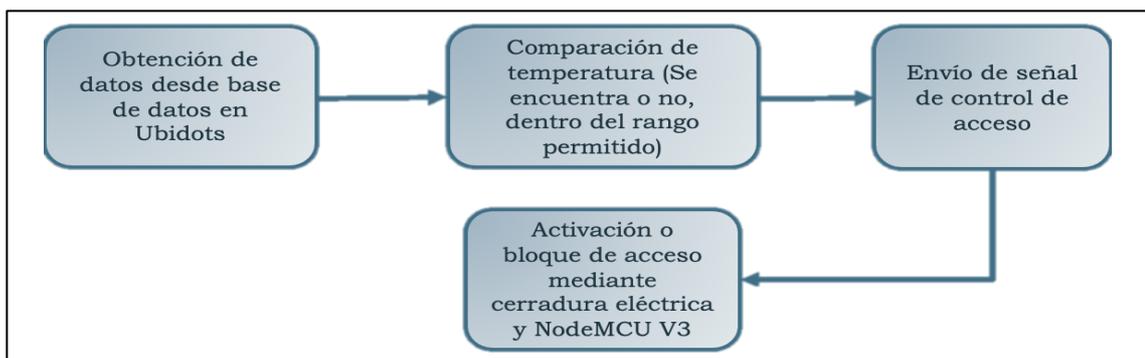
**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

El sensor de proximidad es el encargado de activar la medición del sensor de temperatura infrarrojo, siempre y cuando, la distancia entre el sensor y el individuo a medir sea la deseada. Las mediciones tomadas por el sensor de temperatura infrarrojo son procesadas a través de un microcontrolador, el cual posee en su interior un algoritmo de control, con el objetivo de compensar las mediciones realizadas, ya que cada dispositivo transductor cuenta con diferentes niveles de error en las mediciones que realiza. Logrando una disminución considerable en el error de medición en el sensor a emplear.

El microcontrolador cumple al mismo tiempo la función de desplegar la temperatura corporal medida, en una pantalla Oled, para que el usuario pueda visualizar su temperatura y conocer el estado de la misma. Si la temperatura corporal se encuentra dentro del rango normal analizado en el capítulo I, esta será un indicador para que el microcontrolador genere una señal eléctrica, la misma que será transformada en una alerta visual a través de un diodo LED de color verde. En el caso de que la temperatura medida no se encuentre dentro del rango normal, de igual manera se genera una señal eléctrica a través del microcontrolador para activar un diodo LED de color rojo como una alarma de atención y posible cuadro de febril. De igual manera el mismo dispositivo de procesamiento se encarga de activar una alarma sonora leve a través de buzzer, con el propósito de informar que la temperatura medida es normal, y si el sonido es fuerte y agudo indica al usuario que su temperatura no está dentro del rango normal.

### 2.3.2 Módulo de control de acceso automático (MCAA)

En la figura 3-2 se evidencia mediante un diagrama de bloques los componentes y procesos necesarios para el control de acceso automático, en donde el componente principal es el empleo de la tecnología IoT (internet de las cosas); cabe recalcar que este módulo depende directamente del descrito anteriormente (módulo de medición automática de temperatura corporal), ya que a partir de aquel módulo se genera una señal que sirve para la puesta en funcionamiento del presente módulo.



**Figura 3-2:** Diagrama de bloques del MCAA

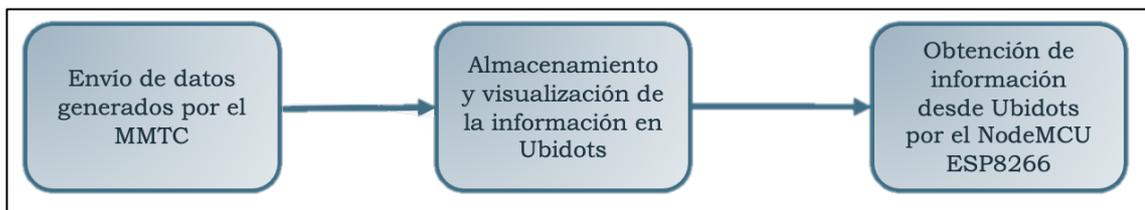
**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

La principal función de este módulo es la de supervisar, otorgar o denegar el acceso del usuario en función a su temperatura corporal que es medida por el MMTC; esto se logra gracias al empleo de tecnología inalámbrica mediante dispositivos wifi, los cuales son conectados de manera inalámbrica al microcontrolador y a la base de datos en la nube, permitiendo establecer un control

e intercambio de datos para la activación o desactivación automática del punto de acceso al que el usuario desea ingresar. Esto se da mediante el uso de valores lógicos que son transmitidos inalámbricamente vía wifi por el microcontrolador, con el fin de accionar o bloquear un acceso, que puede tratarse de una cerradura eléctrica o, a su vez, una puerta inteligente.

### 2.3.3 Módulo de comunicación inalámbrica y base de datos (MCIBD)

La figura 4-2 se encarga de describir las diferentes partes y funciones que posee el módulo de comunicación y base de datos, el mismo que es implementado con tecnología wifi. Mediante la red local inalámbrica creada por el microcontrolador y enlazada al dispositivo wifi, el presente módulo puede enviar los datos generados tanto de la medición de la temperatura corporal del usuario, la fecha y la hora de la medición, así como también la activación o el bloqueo del punto de acceso al que el usuario desea ingresar. Estos datos son enviados a un servidor local en donde pueden ser analizados remotamente a manera de base de datos en la plataforma de Ubidots. A la vez, estos datos son ordenados y generados de manera automática, con el objetivo de llevar un registro e historial de los datos generados por los módulos MMTC y MCAA para un posterior análisis, y de esta manera evitar la propagación y contagio concentrado de la pandemia actual.



**Figura 4-2:** Diagrama de bloques del MCIBD

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

## 2.4 Elementos *hardware* del prototipo de sistema

El presente prototipo de sistema presenta la obligación de contar con una conexión inalámbrica entre los módulos que lo conforman. Los elementos y dispositivos electrónicos empleados, como sensores y actuadores deben ser estudiados detenidamente, ya que los mismos deben presentar dentro de sus características de construcción la compatibilidad de conexión con los dispositivos de procesamiento que se han seleccionado. A la vez, deben ser de tamaño reducido para evitar un sistema demasiado robusto, con una baja demanda de consumo de energía, entorno de

programación amigable con el programador, y de fácil acceso en el caso de que el dispositivo deba ser sustituido. A continuación, se presentan las principales características y beneficios de los dispositivos electrónicos que se han seleccionado.

#### **2.4.1 Dispositivos de procesamiento**

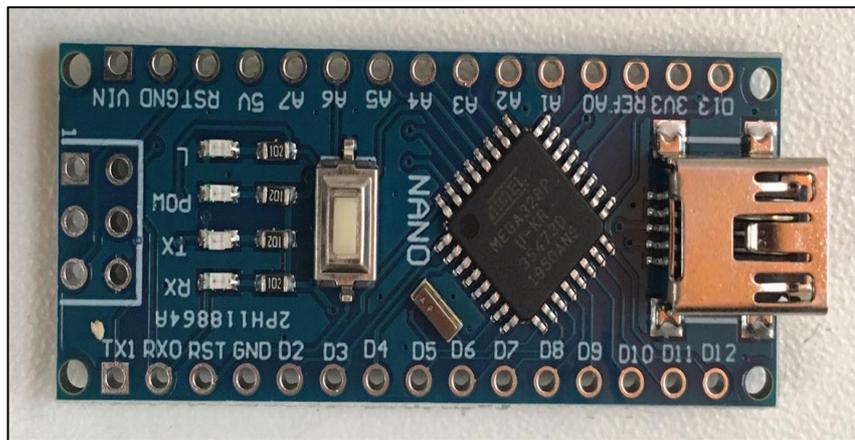
Una vez estudiadas las diferentes ventajas y tecnologías en lo que respecta a dispositivos electrónicos de procesamiento con una amplia gama comercial, se ha procedido con la elección y empleo del microcontrolador ATmega328P (se lo puede programar en entorno Arduino). Este dispositivo se lo utilizará para procesar la información de las mediciones de temperatura corporal realizadas, datos de proximidad entre el usuario y el MMTTC captados por el sensor de proximidad, ejecutar el algoritmo de control y compensación, y el respectivo control de acceso que ha sido propuesto. En el siguiente apartado se describe los aspectos más importantes del dispositivo seleccionado.

##### **2.4.1.1 Arduino Nano**

Se trata de una pequeña, sofisticada y avanzada placa de desarrollo, la cual hace uso de un microcontrolador Atmega328P. Esta tarjeta permite al programador realizar un sinnúmero de aplicaciones mediante programación de la misma, la cual puede ser creada a través del *software* Arduino IDE, posee un cable micro USB para establecer comunicación con un computador y ser programado. Presenta una memoria de 16KB para su almacenamiento. Una de las principales ventajas de este dispositivo es que en su composición contiene 14 terminales digitales, presenta también comunicación I2C, y su voltaje de alimentación es de 5V (S. . Compel, 2015).

El microcontrolador del Arduino Nano presenta altas prestaciones, el mismo fue diseñado y fabricado por la compañía de Atmel (Microchip), El dispositivo pertenece a la familia de los AVR, presentando una arquitectura tipo RISC de 8 bits. Posee la capacidad de procesar y ejecutar numerosas y robustas instrucciones en un solo ciclo de reloj, aunque posee 6 canales para manejar diferentes PWM, logrando de esta manera alcanzar un performance muy cercano a 1 MIPS por cada 1MHz en la frecuencia de reloj que se está empleando. Debido a la alta capacidad de procesamiento y prestaciones pese al tamaño reducido que posee el chip, ha sido introducido de manera perfecta a la tarjeta de desarrollo Arduino Nano. Dentro de las características principales de este microchip se encuentra su bajo consumo de energía, alto número de puertos de entrada/salida, oscilador de alta frecuencia y rendimiento (Pérez et al., 2017). En la figura 5-2 se

puede apreciar a la tarjeta de desarrollo Arduino Nano. Además, en la tabla 1-2 se expone las principales características que destacan de este modelo.



**Figura 5-2:** Arduino Nano

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 1-2:** Características principales de Arduino Nano

Parámetros	Valores
Flash	32Kbytes
SRAM	2Kbytes
Cantidad de terminales	30
Consumo de corriente DC por terminal I/O	40 mA
Frecuencia máxima de operación	20 MHz
CPU	8-bit AVR
Terminales máximos de I/O	23
Interrupciones internas	24
Canales ADC	8
Resolución de ADC	10
Eeprom	1K
Canales PWM	6
Voltaje de operación	1.8-5.5V
Timers	3

Fuente: (Pérez et al., 2017)

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

## **2.4.2 Dispositivos Sensores**

Dada las funciones y necesidades que presenta el sistema para cumplir a cabalidad con lo propuesto, es necesario el uso y empleo de dispositivos sensores que se encarguen de suplir las diferentes mediciones para la ejecución de las funciones del módulo de medición automática de temperatura corporal y del control de acceso automático. El uso de estos elementos se da de igual manera con el propósito de supervisar y medir magnitudes físicas necesarias para la correcta medición de la temperatura corporal del usuario, considerando su proximidad al módulo y su temperatura captada en la distancia ideal de fabricación del sensor de temperatura. A la vez, estos dispositivos deben presentar la facilidad de establecer una conexión directa con la tarjeta de desarrollo (Arduino), que fue seleccionada anteriormente.

### *2.4.2.1 Sensor de Temperatura infrarroja MLX90614*

Se trata de un dispositivo sensor de temperatura infrarroja, el cual fue diseñado y fabricado por la compañía Melexis. Este elemento mide la temperatura sin la necesidad que exista un contacto directo con la persona a medir. Las partes que destacan y que componen este dispositivo es un amplificador de bajo ruido, un convertidor de alta resolución de tipo Analógico – Digital, el mismo posee una resolución de 17 bits, cuenta también con una unidad de procesamiento digital para procesar la señal obtenida. Este presenta una calibración con una salida de tipo PWM y SMBus, cabe recalcar que esta calibración presenta cierta deficiencia, por lo cual es necesario emplear un algoritmo de control externo para compensar el error presente en la nombrada calibración. También presenta la facilidad de configurar la salida digital y el ancho de pulso. El sensor viene configurado de manera predeterminada para para transmitir la temperatura medida en el intervalo de  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta los  $120^{\circ}\text{C}$ , presentando una resolución de salida de  $0.14^{\circ}\text{C}$  (Andrade Parreño, 2016).

En la figura 6-2 se evidencia al sensor de temperatura infrarroja MLX90614 configurado en un pequeño módulo para hacerlo compatible con varias tarjetas de desarrollo, a la vez, en la tabla 2-2 se enlista las principales características que posee este gran elemento de medición.



**Figura 6-2:** Sensor de temperatura infrarroja MLX90614

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 2-2:** Principales características de sensor de temperatura infrarroja MLX90614

Parámetros	Valores
Precisión	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
Puerto I2C	Si
Salida PWM	Resolución de $0.14^{\circ}\text{C}$
Rango de temperatura ambiente	$-40^{\circ}\text{C}$ a $85^{\circ}\text{C}$
Rango de temperatura medida	$-40^{\circ}\text{C}$ a $125^{\circ}\text{C}$
Resolución de medición	$0.02^{\circ}\text{C}$
Capacidad de convertidor analógico	17 bits
Voltaje de alimentación	3.3V a 5V
Consumo de corriente DC	1.5 mA
Distancia óptima de medición con el objeto	5 cm

**Fuente:** (Saura Ródenas, 2020), (Andrade Parreño, 2016)

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Existen varios factores que influyen y afectan a la medición del presente sensor, una de ellas en la suciedad en la zona que se encarga de realizar la medición el dispositivo, la intensidad de luz a la cual es sometido al momento de la medición, así como también es sensible a los diferentes objetos que se encuentren dentro del rango de visión del mismo, el cual varía de  $5^{\circ}$  y  $80^{\circ}$ . El principal problema que se presenta en este elemento es que en función de la temperatura objeto y

ambiente, se presenta una precisión diferente en cada caso, por lo cual es necesario ingresar la señal medida a un algoritmo de control para que la misma no se vea afectada por este suceso (Saura Ródenas, 2020).

#### 2.4.2.2 Sensor de proximidad APDS9960

El sensor de distancia y gestos APDS-9960 sensor de luz ambiental digital (ALS) y Color Sense (RGBC). Las dimensiones de este sensor son, L 3.94 x W 2.36 x H 1.35 mm, como componentes principales incorpora un LED IR y Controlador para el LED que viene calibrado de fábrica y optimizado para funcionamiento aun con impregnación de huellas digitales en sus LEDs. Utilizado para detectar gestos simples ejecutados por el usuario sin contacto directo con el sensor. Al mismo tiempo este sensor puede detectar un objeto y calcular la distancia en que se encuentra ese objeto hasta 20 cm de distancia entre objeto y sensor. Esto lo hace mediante e la detección del fotodiodo mediante la energía IR reflejada. La intensidad del umbral del LED IR viene calibrada de fabrica esto con el fin de eliminar el problema de calibrar constantemente el sensor (Avago Technologies, 2013).

Incluye un led infrarrojo que es el que permite la medición de distancia, este sensor tiene una gran ventaja debido a que utiliza un sistema RGB que ayuda a tener mediciones de distancia aun en condiciones de luminosidad baja. Algo que se debe tomar en cuenta con respecto a la función de detección de proximidad es que los resultados mejoran con la resta automática de luz ambiental. Utiliza 4 fotodiodos los cuales son encargados de detectar movimientos como: arriba, abajo, izquierda, derecha. Convirtiendo movimientos físicos en señales digitales. Este sensor se comunica mediante una interfaz I2C, contiene un terminal de interrupción que sirve para desencadenar una serie de interrupciones cuando un gesto es detectado (Compel, 2015).

En la figura 7-2 se observa al sensor de proximidad APDS9960, y en la tabla 3-2 se enlista las principales características del mismo.



**Figura 7-2:** Sensor de proximidad APDS9960

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 3-2:** Características de sensor de proximidad APDS9960

<b>Parámetro</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Unidades</b>
Temperatura de operación	-30	85	°C
Voltaje de fuente de alimentación	2.4	3.6	V
Consumo de corriente DC	0.2	0.5	mA
Fuente de Voltaje LED	3.0	4.5	V

**Fuente:** (Avago Technologies, 2013).

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

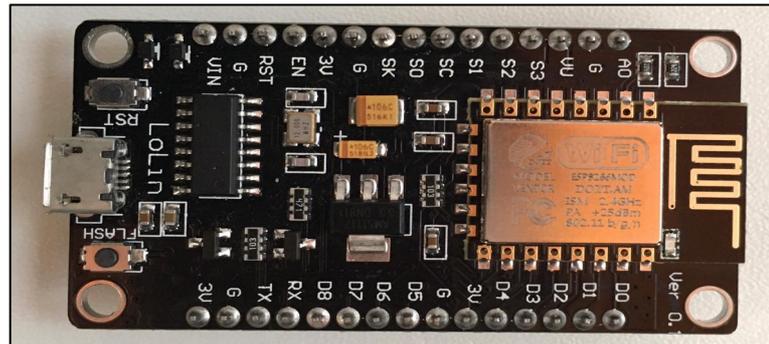
### **2.4.3 Dispositivos para la comunicación inalámbrica**

El presente sistema entre sus diferentes funciones y tareas a cumplir, debe realizar una correcta comunicación inalámbrica latente entre 8 y 10 horas continuas, equivalente a un horario estándar de trabajo profesional en un campo activo. Es por ello que los elementos y dispositivos a emplear deben tener la capacidad de comunicarse entre sí, además de establecer una comunicación con el elemento de procesamiento seleccionado. A la vez, entre sus características deben poseer un tamaño reducido, bajo consumo energético, con un entorno de programación de fácil acceso y uso. Después de haber considerado todas estas necesidades, los equipos que cuentan con estas características, además de ser compatibles con el procesador ATmega328P, son los dispositivos de conexión inalámbrica ESP8266 y el módulo de SIM900 GPRS GSM shield.

#### **2.4.3.1 NodeMCU V3 ESP8266**

Se trata de un módulo de código abierto, el cual está basado en el uso y empleo del chip integrado ESP8266 Wifi, el mismo posee un firmware basado en Lua. También ha sido modificado el SDK, por lo que en gran parte de su funcionalidad está programado en lenguaje C. Cabe recalcar que el mismo puede ser programado en el IDE de Arduino, plataforma de código abierto con un entorno muy amigable y de fácil uso, haciendo a este módulo apto para muchas aplicaciones y proyectos con referencia al internet de las cosas IoT (Candelario, 2016).

Es de fácil de conexión con un computador en donde va a ser programado, dentro de su electrónica presenta un puerto micro USB para su alimentación de 5V, así como también se puede emplear dicho puerto para su programación en general. También presenta una velocidad de respuesta de 16MHz, posee 16 puertos que pueden ser configurados como entradas y salidas de GPIO, también conocidos como puertos de conectividad inalámbrica (Martinez Patiño, 2015). En la figura 8-2 se puede observar al módulo NodeMCU V3 ESP8266 con todas sus características y puertos disponibles. A la vez, en la tabla 4-2 se exponen las características principales de este dispositivo.



**Figura 8-2:** NodeMCU V3 ESP8266

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 4-2:** Características principales NodeMCU V3 ESP8266

Parámetros	Valores
CPU	RISC 32 bits 80MHz / 160MHz
Voltaje de alimentación	5V
Consumo de corriente DC	140 mA
Terminales digitales I/O	16 GPIO
Velocidad de reloj	161 MHz
Conectividad Wifi	2.4 GHz 802.11b/g/n
ROM	4 Mb
RAM	128 bytes

**Fuente:** (Martinez Patiño, 2015)

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

### 2.4.3.2 Tarjeta SIM900 GSM/GPRS

Se trata de una tarjeta de expansión diseñada y fabricada de tal manera que presente una inmensa facilidad de conexión con cualquier tarjeta de desarrollo de Arduino. En especial con el Arduino uno, ya que los terminales están alineados de tal manera que encajen perfectamente con dicha tarjeta de programación. Posee un Chip SIM900, el cual es el encargado de establecer la conexión tipo GSM o GPRS según sea el caso, también posee una antena para enviar y recibir información mediante un terminal enlazado con cable coaxial. También presenta un zócalo para insertar una tarjeta SIM, a su vez posee un alojamiento para una pila de 3V, esto con el fin de guardar la información en caso de que la tarjeta no esté siendo alimentada directamente (Rubén, 2017).

Para su alimentación posee un Jack para inyectar esta tarjeta con 5V continuos, con una intensidad nominal de 450 mA, posee comunicaciones de tipo síncronas UART con el empleo de los terminales D0 y D8 (Rubén, 2017). En la figura 9-2 se puede apreciar a la tarjeta en cuestión, con todos sus terminales y *hardware* que dispone para su uso, al igual que en la tabla 5-2 se enlista las principales características de este módulo de comunicación inalámbrica.



**Figura 9-2:** Tarjeta SIM900 GSM/GPRS

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 5-2:** Características principales Tarjeta SIM900 GSM/GPRS

Parámetros	Valores
Alimentación	5V
Consumo de corriente DC	500 mA
Quad Band	850-900-1800-1900MHz
GPRS	Multi-Slot, estación móvil clase B
GSM	2/2 clase 4 (2W@850/900MHz)
Vía de control	Comandos AT y Arduino IDE
Temperatura de operación	-40°C a 85°C
Tipo de interfaz	Serial

Fuente: (Mendez, 2016)

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

#### 2.4.4 Elementos actuadores

Para el presente sistema es necesario cuatro tipos de actuadores, ya que para cumplir con el objetivo de implementar un sistema de alarma visual se emplea una pantalla Oled para desplegar la temperatura que ha sido medida al usuario, y diodos LED para alertar una temperatura y normal o elevada. Por otra parte, para el sistema de alarma sonoro se emplea un buzzer para de igual manera advertir al usuario que presenta una temperatura elevada y posible cuadro febril. Y finalmente, para el control de acceso automático, una cerradura eléctrica inteligente establece una conexión inalámbrica con el microcontrolador para dar paso o bloquear el acceso del usuario en función de la temperatura medida.

##### 2.4.4.1 Diodos LED

Se trata de un diodo emisor de luz, está constituido por un chip diminuto, fabricado de material semiconductor, que cuando es sometido por la energía eléctrica correctamente polarizada, se encarga de emitir una luz de tipo monocromática, con la ventaja de no producir calor en el proceso. Al tratarse de un elemento semiconductor, puede ser empleado en varias actividades y proyectos, como señalización, estética, y actualmente también es empleado en la iluminación de interiores y exteriores (Déleg, 2017).

Para la ejecución del sistema de alerta visual del presente módulo se emplea un diodo LED de color verde para indicar que la temperatura corporal medida al usuario se encuentra dentro del

rango normal. Por otro lado, también se emplea un diodo LED de color rojo para advertir al usuario que su temperatura es anormal mostrando un posible cuadro de fiebre. En la figura 10-2 se muestran los diodos LED empleados, a la vez, en la tabla 6-2 se enlista las principales características de funcionamiento y construcción de estos elementos.



**Figura 10-2:** Diodos LED rojo y verde de alta intensidad  
**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 6-2:** Características de un diodo LED de color rojo de alta intensidad

Parámetros	Valores
Corriente máxima	30mA
Voltaje típico en directa	1.85V
Consumo de Corriente DC	10 – 30 mA
Máxima tensión directa	5V
Intensidad Luminosa	60mcd – 20mA
Ángulo de visión	60°
Longitud de onda	660nm

**Fuente:** (Ramírez, 2014)

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

#### 2.4.4.2 Pantalla Oled 0.91PLG

Se trata de una pantalla constituida por diodos orgánicos de emisión de luz, también conocida como tecnología Oled, con la dimensión total de 0.91 pulgadas. Estos diodos poseen una capa electroluminiscente formada por pequeños componentes orgánicos que reaccionan cuando son sometidos a un determinado nivel de energía eléctrica, logrando de esta manera emitir luz. Presenta la gran ventaja de no necesitar una luz trasera, ahorrando energía eléctrica como no lo pueden hacer otras alternativas de iluminación (Déleg, 2017).

En la presente pantalla se despliega de manera clara la temperatura medida por el sensor de temperatura infrarrojo, esta temperatura es expresada en unidad de grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), en la misma pantalla se despliega de manera automática si la temperatura se encuentra dentro del rango normal, o a su vez, si la temperatura es crítica, cada uno de estos casos presenta un respectivo mensaje que es enviado en conjunto con la temperatura corporal medida. De esta manera el usuario puede tener en claro cuál es el estado de su temperatura corporal. En la figura 11-2 se puede observar la composición de la pantalla Oled, y en la tabla 7-2 se enlista las principales características de la misma.



**Figura 11-2:** Pantalla Oled de 0.91 pulgadas

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 7-2:** Características de una pantalla Oled de 0,91 pulgadas

Parámetros	Características
Interfaz	I2C (SCL y SDA)
Resolución	128*32
Voltaje de operación	2.2V – 5V
Consumo de corriente DC	20 mA
Color de display	negro
Numero de terminales	4
Controlador	SSD1306

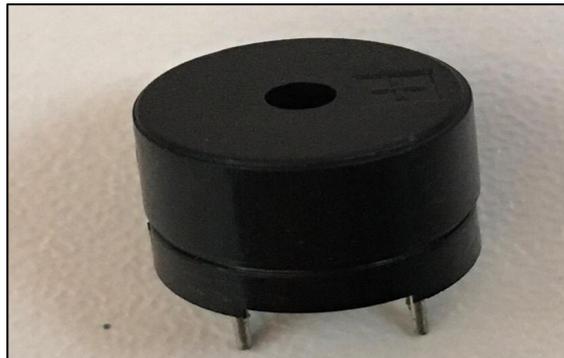
Fuente: (Waveshare, 2017)

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2020.

### 2.4.4.3 Buzzer pasivo

Este altavoz es un dispositivo electrónico transductor, ya que permite transformar energía eléctrica en ondas de sonido, al no contar con un elemento electrónico interno, se debe adecuar una señal eléctrica para obtener el sonido deseado. Este tipo de elementos presentan la gran ventaja de variar la intensidad y tono de sonido, mediante la modificación de la señal eléctrica que se inyecta en su alimentación. De esta manera, se puede generar sonidos a manera de melodías (LLamas, 2016).

En el presente caso, se lo utilizar para producir dos sonidos diferentes para genera un sistema de alarma sonoro. Cuando la temperatura corporal medida del usuario se encuentra dentro del rango normal, el sonido es un pitido corto indicando que la temperatura es normal. En cambio, si la temperatura corporal medida es anormal, el sonido generado es largo y fuerte, indicando que la medida es crítica y se podría tratar de un caso febril. En la figura 12-2 se expone el modelo utilizado, y en la tabla 8-2 se exponen sus principales características.



**Figura 12-2:** Buzzer Pasivo

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 8-2:** Características técnicas principales de buzzer pasivo

Parámetros	Características
Voltaje de funcionamiento	5V
Corriente de operación DC	23mA
Intensidad de sonido	84dB
Frecuencia	2200Hz
Material	PCB

Fuente: (LLamas, 2016)

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

#### 2.4.5 Elementos mecánicos

Para el MCAA es necesario emplear un elemento mecánico capaz de accionarse con una señal eléctrica enviada por un elemento de procesamiento, la cerradura EC-C2000-290S, fabricada por la empresa de productos de seguridad LCJ, presenta las características suficientes para suplir con la tarea de habilitar o bloquear el acceso del usuario a un punto de acceso determinado en función de su temperatura corporal medida por el MMTc. Este dispositivo mecánico posee dimensiones acordes a la necesidad, bajo consumo de energía eléctrica, ya que se pone en funcionamiento al alimentarlo con 12 V de corriente continua. A la vez, puede ser activada o desactivada de manera manual mediante el empleo de llaves específicas para la cerradura. La figura 13-2 presenta las características físicas de la cerradura nombrada anteriormente, y en la tabla 9-2 se expone sus principales características de funcionamiento.



**Figura 13-2:** Cerradura EC-C2000-290S

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 9-2:** Características de Cerradura EC-C2000-290S

Parámetros	Características
Voltaje de Alimentación	12 VDC
Corriente de excitación	350mA
Accionamiento	Eléctrico y mecánico
Pistón	50mm
Medios de instalación	Madera, plástico y metal

Fuente: Aliexpress.com 2018.

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

## 2.5 Fuentes de Alimentación

El presente sistema presenta la necesidad de ser alimentado de un nivel determinado de corriente y voltaje según sea el módulo o elemento a energizar, para lo cual la fuente de alimentación para el mismo ha sido empleada bajo el cálculo de corriente y voltaje de consumo. Para este prototipo, se ha visto necesario el uso de cuatro niveles de alimentación de energía eléctrica en corriente continua, siendo 3.3 voltios, 5 voltios, 9 voltios y 12 voltios respectivamente. Después de haber analizado los respectivos niveles de tolerancia de energía eléctrica tanto en los módulos y dispositivos electrónicos empleados en el sistema, se establece la tabla 10-2, la cual contiene todos los valores nominales de alimentación de las fuentes que se van a emplear para todo el sistema, dispositivos electrónicos y el módulo al que pertenecen. Estas fuentes de alimentación presentan la facilidad de poder funcionar con cualquier red general, pudiendo tratarse de 110V o 220V.

**Tabla 10-2:** Fuentes de alimentación empleadas en el sistema.

Fuente	Módulo	Circuitos y elementos alimentados
5V – 1A	MMTC	Arduino Nano
5V – 1A	MMTC	Sensor de proximidad APDS9960
5V – 1A	MMTC	Buzzer, Diodos LED de alta intensidad
5V – 1A	MCAA	Placa de comunicación wifi con microcontrolador.
5V-1A	MCIBD	NodeMCU V3 ESP8266
9V-1A	MCIBD	Tarjeta SIM900 GSM/GPRS
3.3V – 500mA	MMTC	Pantalla Oled 0.91Plg, Sensor de temperatura MLX90614
12V – 1A	MCAA	Cerradura eléctrica

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

### 2.5.1 Análisis de estudio de consumo de corriente del prototipo de sistema

Para el análisis de consumo de corriente del sistema se considera necesario realizar el estudio por cada módulo diseñado e implementado para la obtención de resultados eficaces. Para el módulo de medición automática de temperatura, en primer lugar, se realiza el análisis de consumo de corriente nominal, para lo cual es crucial el obtener el consumo de corriente de cada elemento y

dispositivo que conforman al módulo en su totalidad. A continuación, en la tabla 11-2 se muestran esta información para el respectivo análisis:

**Tabla 11-2:** Análisis de consumo de corriente nominal del MMTC.

<b>Consumo de corriente DC nominal del MMTC</b>	
<b>Elementos del módulo del sistema</b>	<b>Consumo de corriente DC</b>
Sensor de temperatura infrarroja MLX90614	1.5mA
Sensor de proximidad óptico APDS9960	0.5mA
Pantalla Oled 0.91 Plg:	20mA
Arduino Nano	240mA
Diodos LED	60mA
Buzzer Pasivo	23mA
<b>Consumo total de corriente nominal del MMTC:</b>	<b>345mA</b>

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, después de realizar las respectivas mediciones en todos y cada uno de los dispositivos que conforman el módulo de medición de temperatura corporal en lo que respecta al consumo de corriente DC, se obtiene los siguientes datos, los cuales avalan que la fuente de alimentación diseñada para el presente módulo, suministra e inyecta la suficiente cantidad de corriente y voltaje para obtener un funcionamiento óptimo, en la tabla 12-2 se detalla el consumo real de corriente DC del MMTC:

**Tabla 12-2:** Análisis de consumo de corriente del MMTC mediante medición física.

<b>Consumo de corriente DC nominal del MMTC</b>	
<b>Elementos del módulo del sistema</b>	<b>Consumo de corriente DC</b>
Sensor de temperatura infrarroja MLX90614	1.92mA
Sensor de proximidad óptico APDS9960	0.78mA
Pantalla Oled 0.91 Plg:	36mA
Arduino Nano	279mA
Diodos LED	57mA
Buzzer Pasivo	32mA
<b>Consumo total de corriente del MMTC:</b>	<b>406,7mA</b>

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora bien, para el módulo de conexión inalámbrica y base de datos, de igual manera se realizar el estudio tanto del consumo de corriente nominal del módulo, como del consumo real de corriente DC inyectado, para lo cual en la tabla 13-2 se expone el consumo de corriente DC nominal de todos y cada uno de los elementos que forman al MCIBD:

**Tabla 13-2:** Análisis de consumo de corriente nominal del MCIBD.

<b>Consumo de corriente DC nominal del MCIBD</b>	
<b>Elementos del módulo del sistema</b>	<b>Consumo de corriente DC</b>
Tarjeta SIM900 GSM/GPRS	500mA
<b>Consumo total corriente nominal del MCIBD:</b>	500mA

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Luego de realizar las respectivas mediciones físicas con la ayuda de un amperímetro para cada uno de los elementos de MCIBD con respecto al consumo de corriente DC, la tabla 14-2 expone los datos recabados, y a la vez, se concluye que la fuente de alimentación diseñada para el presente módulo abastece de gran manera tanto en voltaje y corriente para que el mismo pueda entregar su máximo desempeño:

**Tabla 14-2:** Análisis de consumo de corriente DC del MCIBD medido físicamente.

<b>Consumo de corriente DC del MCIBD</b>	
<b>Elementos del módulo del sistema</b>	<b>Consumo de corriente DC</b>
Tarjeta SIM900 GSM/GPRS	568mA
<b>Consumo total corriente DC del MCIBD:</b>	568mA

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Luego de esto, se realiza el análisis de consumo de corriente DC nominal del módulo de control de acceso automático, para lo cual en la tabla 15-2, se observa los valores nominales del consumo de corriente de los dispositivos que forman parte del MCAA:

**Tabla 15-2:** Análisis de consumo de corriente nominal del MCAA.

<b>Consumo de corriente DC nominal del MCAA</b>	
<b>Elementos del módulo del sistema</b>	<b>Consumo de corriente DC</b>
NodeMCU V3 ESP8266	140mA
Módulo relé de 5V	160mA
<b>Consumo total corriente nominal del MCAA:</b>	300mA

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Una vez que se realiza las mediciones físicas de consumo de corriente DC del MCAA, se comprueba que la fuente de alimentación que es diseñada para la misma suministra el suficiente nivel de voltaje y corriente para un correcto funcionamiento, la tabla 16-2 evidencia las mediciones físicas realizadas con la ayuda de un amperímetro en el MCAA:

**Tabla 16-2:** Mediciones de consumo de corriente DC del MCAA.

<b>Consumo de corriente DC del MCAA</b>	
<b>Elementos del módulo del sistema</b>	<b>Consumo de corriente DC</b>
NodeMCU V3 ESP8266	221,3mA
Módulo relé de 5V	167.1mA
<b>Consumo total corriente DC del MCAA:</b>	388,4mA

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

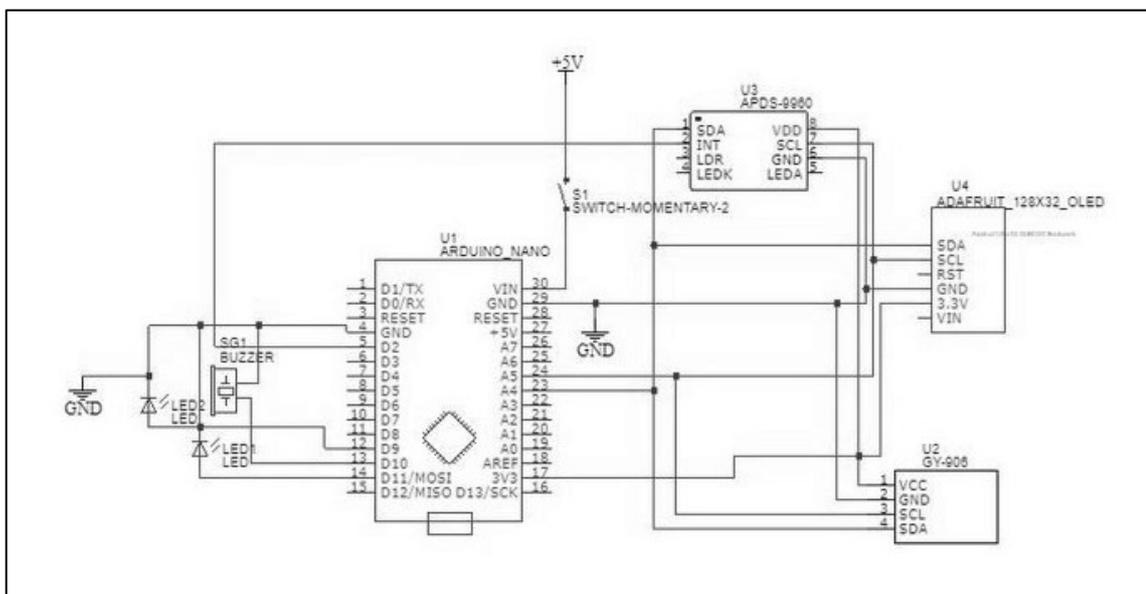
## 2.6 Esquemas de conexión

Mediante la caracterización y exposición de los elementos electrónicos previamente detallados, se puede explicar los esquemas eléctricos- electrónicos que se implementaron en el dispositivo, al mismo tiempo estos conforman el *hardware* utilizado en el mismo. Para una mejor explicación se adjunta fotografías del circuito eléctrico físico junto con su esquema electrónico de cada módulo que conforma el sistema.

### 2.6.1 Esquema de conexión del MMTc

La figura 14-2 detalla:

- Sensor MLX90614 GY-906 conectado a la alimentación de la placa Arduino nano a 3.3V, con conexión a los puertos SCL, SDA del controlador para la comunicación I2C, encargado de hacer la medición de la temperatura del individuo.
- Sensor de proximidad APDS-9960 conectado a los puertos SCL, SDA y a la alimentación de 3.3V continuos de la placa Arduino nano. El terminal de interrupción del sensor está conectado al terminal digital número 2 del Arduino nano.
- Pantalla OLED de 0.91 pulgadas, conectada a los puertos SCL y SDA de la placa Arduino nano, alimentada a 3.3V del Arduino nano.
- Un buzzer pasivo conectado al terminal PWM 10 del Arduino nano, con el fin de emitir diferentes tipos de alarmas según la modulación PWM programada.
- Diodo Led de color rojo conectado al terminal digital número 9, diodo led color verde conectado al terminal digital número 11, se utilizó este terminal para programar la intensidad de brillo de acuerdo al PWM programado.
- Un switch normalmente cerrado conectado entre la fuente de alimentación de 5V y el terminal de alimentación (VIN) del Arduino nano. Este cumple la función de ON-OFF del sistema.



**Figura 14-2:** Esquema de Conexión del MMTc

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

La figura 15-2 muestra la implementación física del módulo de medición de temperatura corporal, donde se puede observar que los elementos están ubicados de manera estratégica con el fin de que los componentes realicen su función de manera correcta y estos no se estropeen. Se procede a describir los elementos en la fotografía:

- En la parte superior izquierda, se encuentra el Arduino nano, con su procesador AT Mega 328P, conectado a los diferentes sensores y actuadores.
- En la parte superior central se encuentra el sensor MLX90614 y el ADPS9960 con sus respectivos cables de alimentación y señal, estos se encuentran unidos ya que comparten una comunicación de tipo I2C.
- LEDs y buzzer en la parte derecha, estos se utilizarán para las alertas visuales y sonoras.
- Pantalla Oled, conectada y compartiendo líneas de comunicación I2C, en esta se mostrarán diferentes datos, como son temperatura medida, y texto de alerta en caso de temperatura corporal elevada.
- Cables de alimentación para el módulo del prototipo de sistema.



**Figura 15-2:** Módulo de medición de temperatura corporal físico.

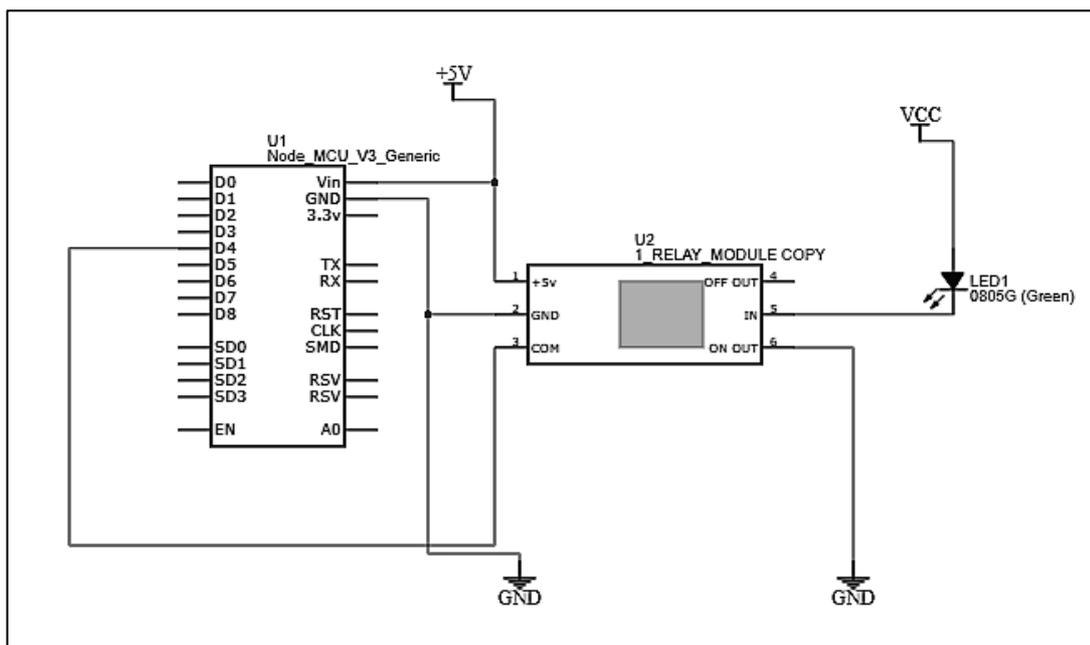
**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

### 2.6.2 Esquema de conexión del MCAA

Este módulo se caracteriza porque será el que reciba la información almacenada en la base de datos en la nube, su principal componente es el dispositivo NodeMCU V3 ESP8266, que gracias a su conectividad Wifi permite recibir datos desde internet.

La figura 16-2 detalla :

- ESP8266 NodeMCU V3, conectada a alimentación, esta será la encargada de recibir las señales inalámbricamente mediante WiFi.
- Un módulo rele compatible con Arduino conectado a alimentación y su señal de activación está conectada al terminal D4 del ESP8266 NodeMCU V3.
- El esquema muestra una figura de un diodo led, este elemento es utilizado de manera ilustrativa para representar la chapa eléctrica, el dispositivo para el control de acceso está alimentado con 12V continuos externos.



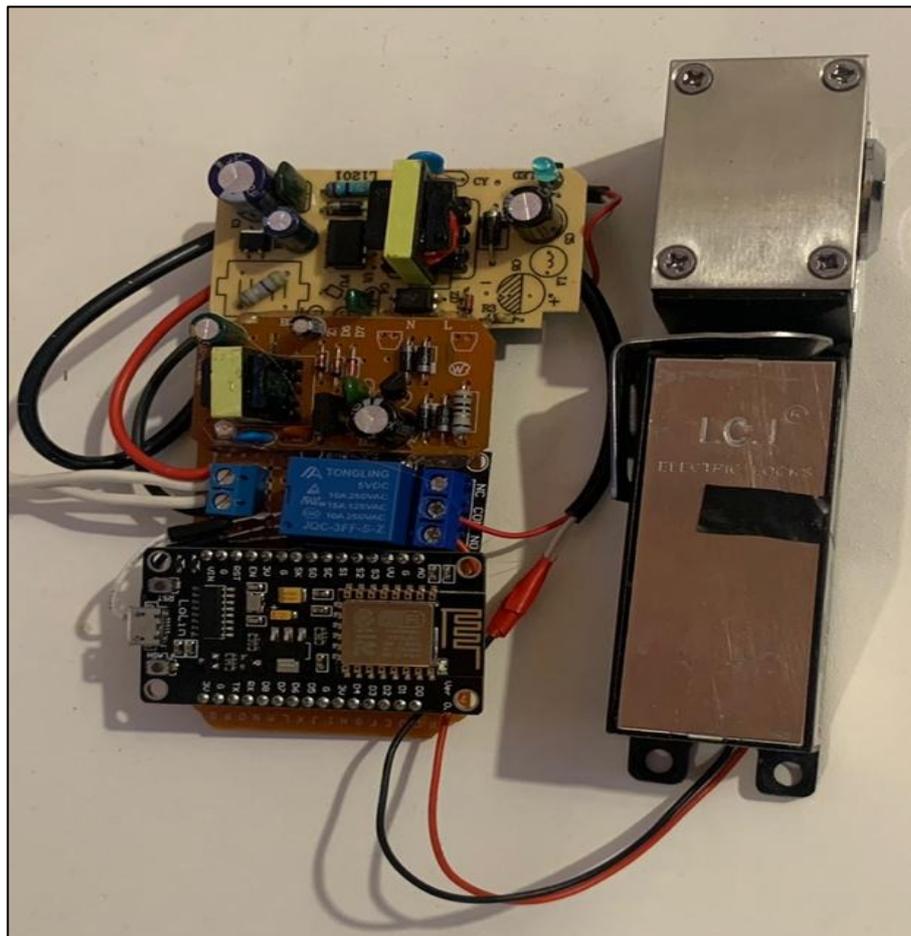
**Figura 16-2:** Esquema de Conexión principal del MCAA.

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

La figura 17-2 muestra la implementación física del módulo de control de acceso automático, donde se puede observar que los elementos están ubicados de manera estratégica con el fin de que

los componentes realicen su función de manera correcta y estos no se estropeen. Procederemos a describir los elementos en la fotografía:

- En la parte derecha de la ilustración se encuentra la chapa eléctrica que será accionada mediante la señal enviada desde la base de datos de Ubidots en la nube procesada por el NodeMCU V3.
- Parte inferior izquierda se ubica al NodeMCU ESP8266 quien recibirá y procesará la información.
- Se emplea el módulo relé Arduino para poder accionar la chapa eléctrica mediante una señal emitida por el ESP8266, el cual está ubicado en la zona central de la ilustración.
- En la parte superior izquierda se encuentra una fuente de alimentación de 12V continuos, el cual es el encargado de alimentar a la cerradura eléctrica.
- En la zona media izquierda de la ilustración se encuentra una fuente de 5V continuos, con la función de suministrar energía al dispositivo NodeMCU ESP8266.



**Figura 17-2:** Esquema de Conexión físico del MCAA

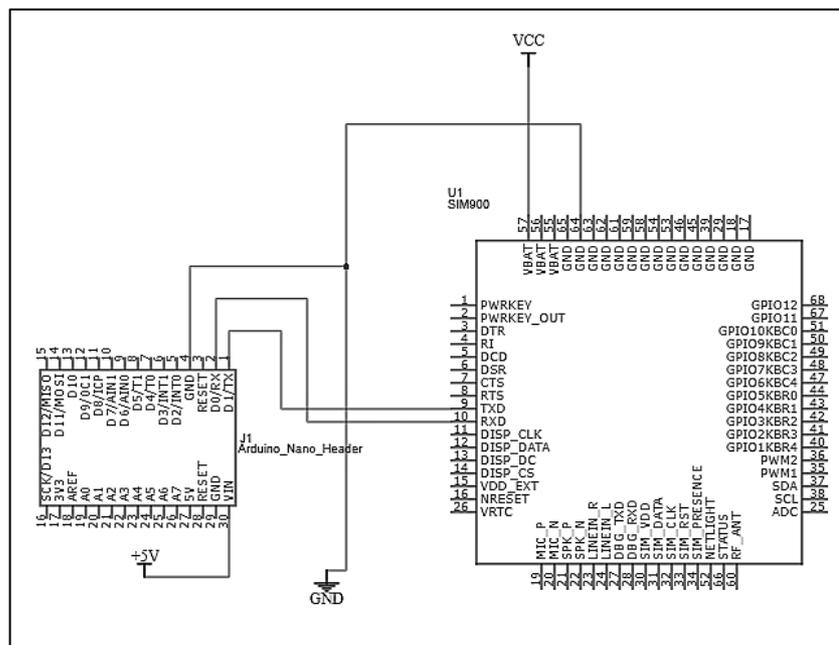
Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

### 2.6.3 Esquema de conexión del MCIBD

A través de este módulo la información generada se envía hacia a la nube, en esta es almacenada para ser procesada y estudiada. Este módulo cumple un papel fundamental, debido a que gracias a él la conexión a internet es posible.

La figura 18-2 detalla:

- El Arduino nano que procesa la información obtenida de los sensores en el MMTC, pero en este módulo también se cumple la función de enviar información mediante los terminales RX y TX, los cuales estos están conectados entre el Arduino nano y la GPRS SHIELD SIM 900.
- Las dos placas comparten GND común para su correcto funcionamiento.
- Alimentación independiente para la GPRS SHIELD SIM 900 de 9V continuos.



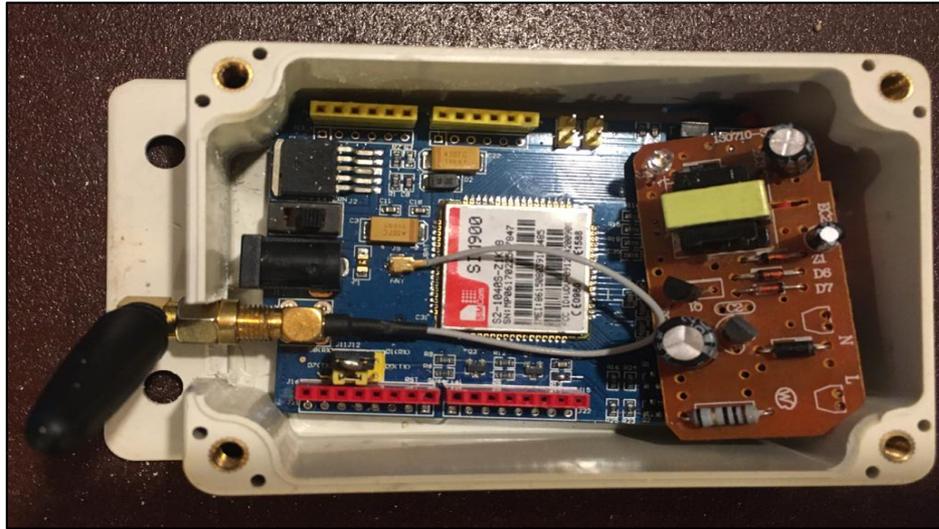
**Figura 18-2:** Esquema de Conexión del MCIBD

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

La figura 19-2 muestra la implementación física de este módulo, en el cual podemos apreciar:

- La tarjeta de comunicación inalámbrica GPRS SHIELD SIM 900 compartiendo los terminales RX y TX con el Arduino nano y de igual manera la conexión de tierra común (GND) para su correcto funcionamiento.

- En la parte derecha de la ilustración se encuentra una fuente de alimentación de 9V continuos para el suministro de energía a la tarjeta GPRS SHIELD SIM 900.

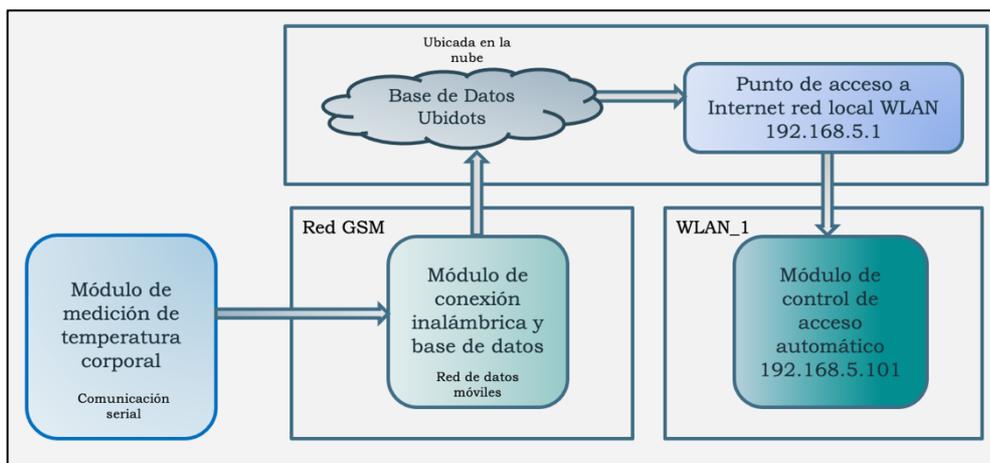


**Figura 19-2:** Placa electrónica del MCIBD

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

## 2.7 Estructura de redes inalámbricas

Para comprender el funcionamiento esencial de la comunicación inalámbrica del sistema, es necesario esquematizar las redes configuradas, con sus respectivas direcciones de red, y los diferentes elementos y dispositivos que harán uso de las mismas. En la figura 20-2, se detalla específicamente los nombres, relación existente entre las redes, sus respectivas direcciones IP que existe entre los módulos del sistema.



**Figura 20-2:** Redes WLAN configuradas en el sistema general.

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

La red principal a la que tienen conexión y comunicación los tres módulos en la red WLAN\_1, la misma es configurada por el proveedor de servicios de internet para obtener un punto de acceso inalámbrico a la red general. La red de tipo GSM es empleada por el dispositivo de comunicación inalámbrica GSM shield SIM900 del MCIBD, el cual recibe los datos de medición de temperatura corporal por conexión serial por parte del MMTC, y se encarga de enviar los datos vía internet a la base de datos creada en la plataforma de Ubidots. Luego, desde el servidor de Ubidots se obtiene la información de la temperatura corporal medida anteriormente, esta tarea es realizada por parte del MCAA a través de conectarse inalámbricamente al punto de acceso a la red local WLAN\_1, este módulo por medio del NodeMCU se encarga de realizar el control de acceso automático en función de la temperatura corporal medida.

A través de la red WLAN\_1, por medio de una configuración apropiada en la base de datos de la plataforma Ubidots, es posible enviar mensajes de alerta a un correo electrónico, mensajes de texto, o llamadas telefónicas si existe una anomalía o posibles riesgos en las mediciones tomadas por parte del MMTC.

## **2.8      *Software del prototipo de sistema***

En el presente apartado se detalla todo en relación a los diferentes *software*, entornos y plataformas utilizados para el desarrollo de todos y cada uno de los módulos que conforman al sistema en general. A la vez, se expone las bibliotecas, librerías, funciones y operaciones matemáticas empleados, también se evidencia la base de datos diseñada en la nube, diagramas de flujo y de entidad relación de cada módulo, todo resumido en el presente subcapítulo.

### **2.8.1    *Arduino IDE***

Este apartado fue descrito en el capítulo anterior, por lo que se procede a detallar los diferentes trabajos realizados en el mismo, así como también las librerías empleadas en cada uno de los módulos del sistema, con sus respectivos diagramas de flujo.

### 2.8.1.1 Software del módulo de medición de temperatura corporal

En el diseño e implementación del código para el presente módulo de medición automática de temperatura corporal se emplean librerías que permiten emplear dispositivos y sensores específicos para la obtención de la temperatura corporal del usuario, estas librerías son las siguientes:

**Wire.h:** Establece o permite la comunicación de tipo I2C en todas las placas de Arduino que posean en su composición esta característica o tipo de comunicación. A través de los terminales SDA (línea de datos), y SCL (línea de reloj), se puede establecer la conexión requerida con diferentes dispositivos (Arduino, 2019).

**SPI.h:** se trata de una librería que permite establecer una comunicación de dispositivos SPI con Arduino, esta conexión se da con el último nombrado como dispositivo maestro. Se trata de un protocolo de datos síncronos en serie empleado por varios microcontroladores para comunicarse entre sí en distancias relativamente cortas (Arduino, 2019).

**Adafruit\_GFX.h:** Se trata de una biblioteca de datos gráficos compatible con la mayoría de pantallas, la cual emite un conjunto de primitivas gráficas para crear todos los datos que se requieran desplegar en las pantallas. A la vez, esta biblioteca debe ser combinada con otra propia del *hardware* o dispositivo que se desea emplear para una correcta visualización (Github, 2018).

**Arduino\_APDS9960.h:** Es una librería creada específicamente para el sensor de proximidad APDS9960, la cual permite al dispositivo leer gestos, proximidad y colores dentro del microcontrolador empleado en la placa Arduino, esta conexión e intercambio de datos se da mediante protocolo de comunicación I2C (Github, 2019c).

**Adafruit\_MLX90614.h:** Se trata de una biblioteca implementada para ser compatible específicamente con el sensor de temperatura infrarrojo MLX90614, la misma permite al dispositivo ser compatible con el microcontrolador de la tarjeta Arduino, así como también, poder calibrar y medir la temperatura (Github, 2019b).

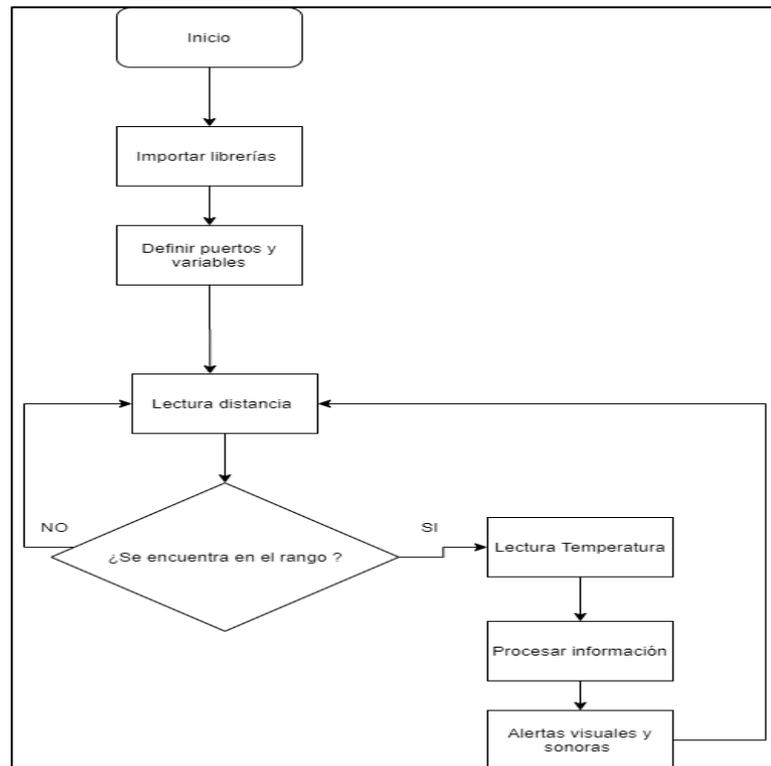
**Adafruit\_SSD1306.h:** Biblioteca creada para emplear OLED de tipo monocromáticos, los cuales poseen controladores SSD1306, estas pantallas utilizar el protocolo I2C y SPI para establecer su comunicación e intercambio de datos con otros dispositivos y microcontroladores (Github, 2019a).

**SoftwareSerial.h:** Es empleada por el *hardware* de Arduino para establecer una comunicación en serie mediante el uso de dos terminales, que varían en función del tipo de placa Arduino. Su principal función es permitir que el microchip Atmega reciba comunicación e información de tipo

serie aun cumpliendo con varias tareas a la vez, respetando el límite de búfer serie de 64 bytes (Arduino, 2016).

**String.h:** Se trata de una librería que permite emplear un conjunto de diferentes funciones que son de utilidad para el uso, manipulación, y adquisición de datos en cadena. Es compatible con varios tipos de microcontroladores (Quizán & Figueroa, 2007).

La figura 21-2 detalla el diagrama de flujo correspondiente al MMTC, indicando su funcionalidad y características principales:



**Figura 21-2:** Diagrama de flujo del módulo de medición de temperatura corporal

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, se procede a detallar el diagrama de flujo que se expone en la figura 21-2:

- En primer lugar, se importan las librerías necesarias para el módulo
- Se define las variables y puertos que se van a utilizar para el correcto funcionamiento del código de programación, a la vez, establecemos los parámetros de la comunicación I2C.
- Comprobación de la distancia; el sensor de distancia está midiendo constantemente la distancia entre el sensor y el objeto que se coloque al frente, si el sensor detecta la distancia optima envía una señal digital al microprocesador.

- Se obtiene la señal del sensor de distancia, y con esta señal se da inicio a la lectura del sensor de temperatura infrarrojo.
- Obtiene la lectura del sensor de temperatura infrarrojo y se procesa para obtener el valor correcto de temperatura.
- Se procesa el valor de temperatura para emitir las señales visuales y sonoras.

Debemos tomar en cuenta que el proceso de lectura de temperatura da inicio cuando el sensor de distancia envía la señal cuando un objeto está a la distancia correcta, si no es así, el sensor de distancia seguirá haciendo mediciones constantes de manera cíclica.

Las funciones utilizadas en el código son las siguientes:

**APDS.readProximity():** Permite leer la distancia entre el APDS9960 y un objeto que se coloque al frente

**readObjectTempC ():** Permite leer la temperatura de un objeto en grados Celsius.

**tone(pinBuzzer, 2000);** Gracias a esta función se puede enviar al buzzer pasivo diferentes modulaciones PWM para obtener diferentes tonos.

**display.print (" ");** Permite mostrar en la pantalla Oled las letras que estén entre comillas.

### 2.8.1.2 Software del módulo de comunicación inalámbrica y base de datos

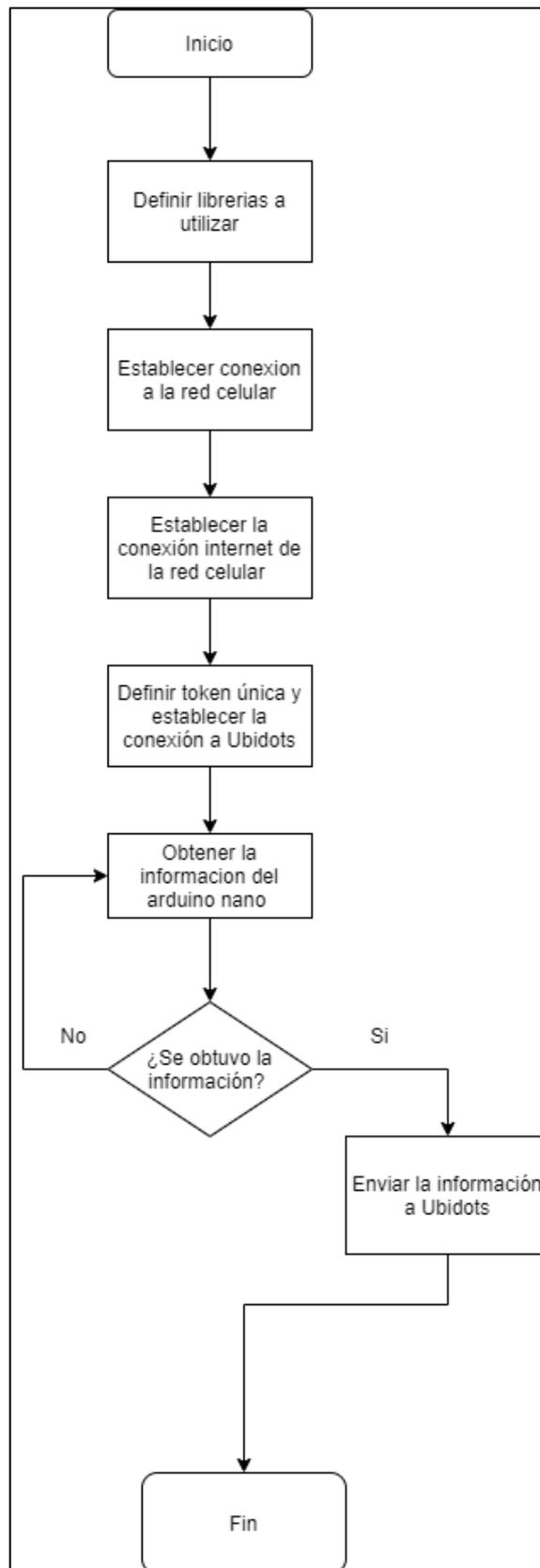
Para la implementación del código para el módulo de comunicación inalámbrica y base de datos se emplean librerías y funciones especiales para el correcto funcionamiento del mismo, las principales características de estas librerías es que permiten establecer una comunicación directa con la base de datos diseñada en la plataforma de Ubidots, así como también establecer una correcta conexión entre los dispositivos inalámbricos. A continuación, se detalla las librerías empleadas, el diagrama de flujo del MCIBD, y las funciones empleadas.

**GPRS\_Shield\_Arduino.h:** Esta librería es la que permite establecer e iniciar una conexión estable y correcta entre ambas tarjetas de desarrollo, a la vez, inicia un medio de comunicación entre el Atmega328P que se está empleando en la tarjeta Arduino en el presente caso, con la tarjeta de comunicación inalámbrica. Otra de sus funciones es el intercambio de datos mediante comunicación inalámbrica de tipo GSM (Github, 2015).

**SoftwareSerial.h:** Como se lo detalla en el módulo anterior, esta es empleada por el *hardware* de Arduino para establecer una comunicación en serie mediante el uso de dos terminales, que

varían en función del tipo de placa Arduino. Su principal función es permitir que el microchip Atmega reciba comunicación e información de tipo serie aun cumpliendo con varias tareas a la vez (Arduino, 2016).

En la figura 22-2, se detalla el diagrama de flujo correspondiente al MCIBD, indicando su funcionalidad y características principales:



**Figura 22-2:** Diagrama de flujo del módulo de conexión inalámbrica y base de datos

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, se procede a detallar el diagrama de flujo que se expone en la figura 22-2:

- En primer lugar, se importan las librerías en el código.
- Se establece a conexión a la red celular, inmediatamente que esta esté establecida se proceda a la conexión a la red internet de celular
- Se define el token único para poder registrar los datos en Ubidots.
- Se establece conexión con Ubidots.
- Obtiene la variable con la información desde el Arduino Nano y se registra en Ubidots.

Tomar en cuenta que todo este proceso se realizara mediante conexión a internet de una red de telefonía celular.

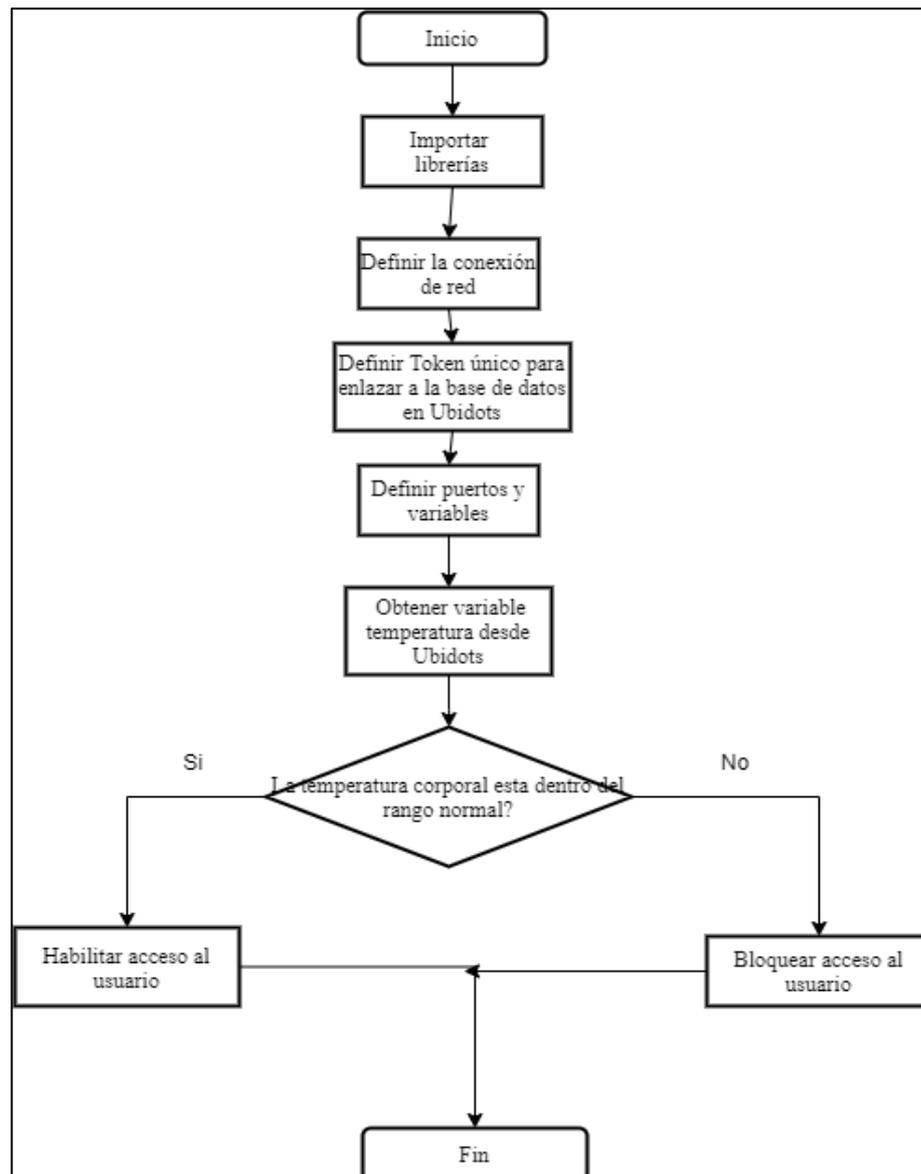
### *2.8.1.3 Software del módulo de control de acceso automático*

Para el presente módulo se emplea librerías especiales que permiten en enlace directo a la base de datos de la plataforma Ubidots, para que de esta manera puedan llegar al módulo NodeMCU V3 y tomar decisiones para el control de acceso, las librerías utilizadas son las siguientes:

**Ubidots.h:** Permite la conexión del dispositivo a emplear con la plataforma de base de datos de Ubidots a través del protocolo HTTP, a la vez, establece intercambio de información entre el microcontrolador ESP8266 con la base de datos de Ubidots, permitiendo subir y obtener datos (Ubidots, 2017).

**ESP8266WiFi.h:** Esta librería resulta muy necesaria cuando se desea establecer al módulo ESP8266 todas las funciones entorno a Wifi, sus conexiones, establecer AP, entre otras funciones (Mori, 2016).

En la figura 23-2 se presenta el diagrama de flujo concerniente al MCIBD y su respectiva funcionalidad.



**Figura 23-2:** Diagrama de flujo para el módulo de control de acceso automático

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, se procede a detallar el diagrama de flujo que se expone en la figura 23-2:

- En primer lugar, se importan las librerías necesarias para el presente módulo
- Luego, se define la red con la que se va a establecer la conexión Wifi con el NodeMCU V3, para ello asigna el nombre y contraseña de la red.
- Después, se define el token de la base de datos de Ubidots para establecer la conexión entre el NodeMCU y la misma plataforma.

- Se define las variables a emplear para el correcto funcionamiento del código de programación, a la vez, se define el terminal de salida digital para la activación o bloqueo del sistema de acceso.
- También se define la variable que se va a obtener desde la base de datos de Ubidots, el MCAA necesita la variable temperatura corporal para su funcionamiento, la cual posee un ID y token único para su uso.
- Comprobación de conexión a la red Wifi y comunicación con la base de datos.
- Se obtiene la variable temperatura corporal desde la base de datos de Ubidots
- Se realiza el control de acceso en función de la temperatura corporal que se obtiene desde la base de datos de Ubidots, si esta temperatura se encuentra dentro del rango normal, se envía un pulso eléctrico para la activación del punto de acceso a donde el usuario desea ingresar. Caso contrario, el acceso permanece bloqueado ya que la temperatura es elevada.

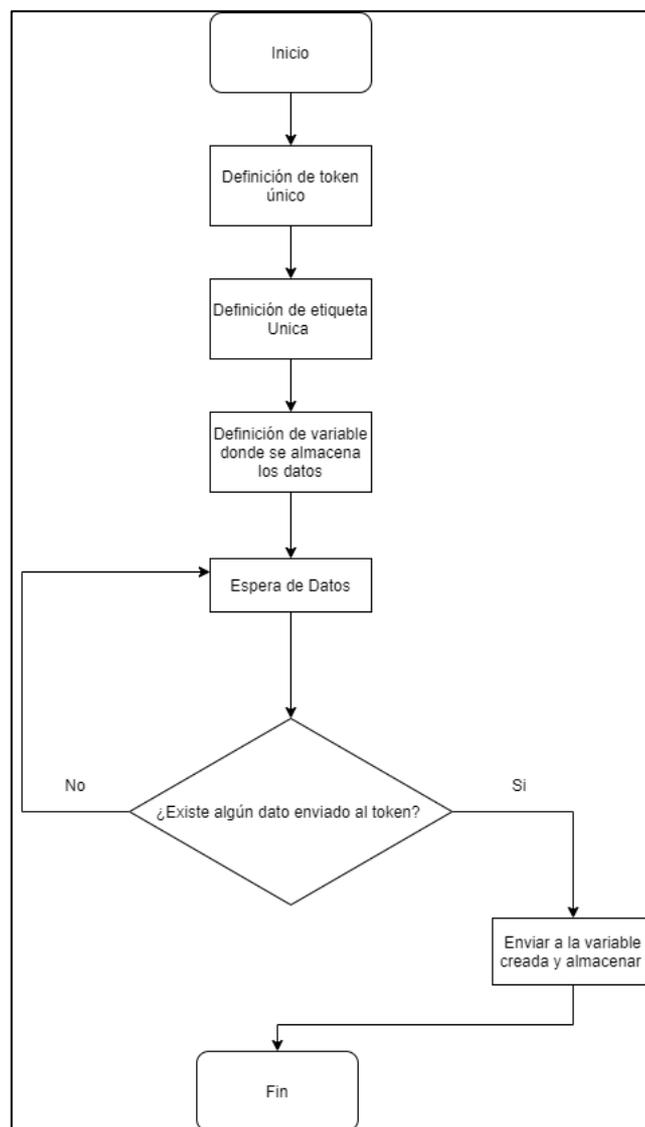
Cabe destacar que el proceso que se describe anteriormente se ejecuta de forma cíclica, dependiendo del número de mediciones de temperatura corporal que haya captado el MMTC. Las funciones que se emplean para ejecutar el presente código son las siguientes:

- **Ubidots\_Token:** Permite identificar el ID único que genera la plataforma Ubidots para cada base de datos creada en la misma. De esta manera, se logra comunicar al microcontrolador con la base de datos en la nube.
- **ubidots.wifiConnect(WIFI\_SSID, WIFI\_PASS):** Establece la conexión inalámbrica del microcontrolador ESP8266 con la red Wifi establecida. Se obtiene acceso a la red general por medio de esta conexión.
- **ubidots.get("esp8266\_prueba", "temperatura\_medida"):** Obtiene el dato con el valor de la temperatura corporal medida por el MMTC desde la base de datos de Ubidots. Esto mediante los ID tanto del dispositivo como de la variable deseada.

### 2.8.2 Ubidots

El presente apartado a cerca de la plataforma Ubidots fue descrito en el capítulo anterior, por lo que se procede a detallar el trabajo desarrollado en esta gran herramienta virtual, así como también las diferentes funciones creadas dentro de esta base de datos, con su respectivo diagrama de flujo.

En la figura 24-2 se presenta el diagrama de flujo concerniente al trabajo realizado en la plataforma de Ubidots, y su respectiva funcionalidad.



**Figura 24-2:** Diagrama de flujo del proceso en Ubidots

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Es necesario aclarar que todo el proceso expuesto en la figura 24-2 se ejecuta de manera cíclica.

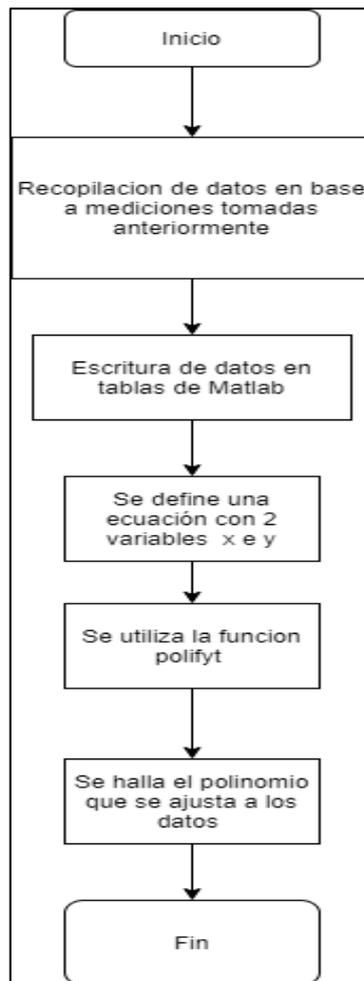
Ahora, se procede a detallar el diagrama de flujo expuesto en la figura 24-2:

- En primer lugar, se define el token único, gracias a este código se puede conectar la placa a una base de datos en Ubidots.
- Se define la etiqueta y variable a utilizar, esto permite que en el dashboard los datos específicos enviados se almacenen en un solo lugar
- El programa siempre está a la espera de nuevos datos para almacenarlos.

### **2.8.3 Matlab**

El *software* de desarrollo para la ingeniería Matlab fue descrito en el capítulo anterior, por lo que se procede a detallar el trabajo desarrollado en esta gran herramienta matemática, así como también las diferentes funciones creadas dentro de esta base de datos, con su respectivo diagrama de flujo.

En la figura 25-2 se presenta el diagrama de flujo concerniente al trabajo realizado en el *software*, y su respectiva funcionalidad.



**Figura 25-2:** Diagrama de flujo del proceso en Matlab

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

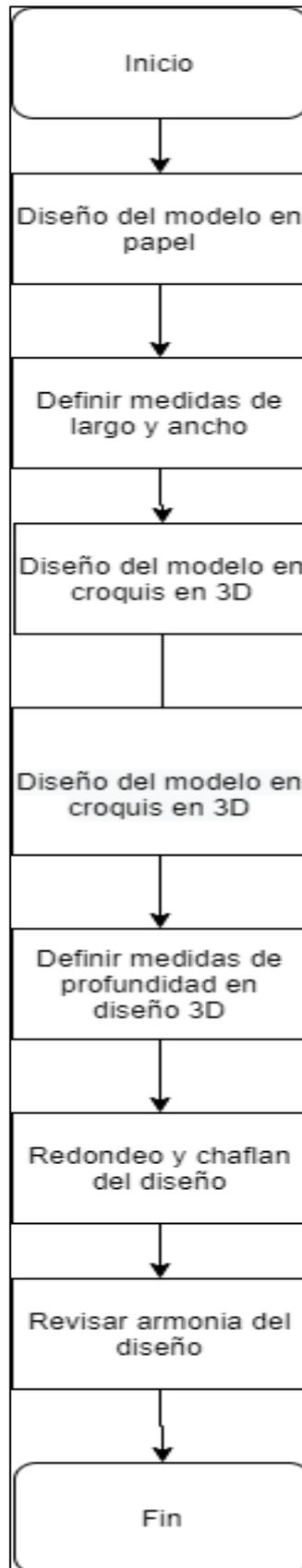
Se detalla el proceso plasmado en la figura 25-2:

- Recopilación de datos de mediciones tomadas anteriormente
- Se Clasifica estos datos en tablas de Matlab.
- Definición de la ecuación.
- Se ejecuta la función polyfit para encontrar el polinomio deseado.

#### **2.8.4 SolidWorks**

El presente apartado a cerca del *software* de desarrollo gráfico SolidWorks fue descrito en el capítulo anterior, por lo que se procede a detallar el trabajo desarrollado en esta gran herramienta de diseño, así como también los diferentes trazos que se emplean en la conjunción de un diseño, con su respectivo diagrama de flujo.

En la figura 25-2 se presenta el diagrama de flujo concerniente al trabajo realizado en la plataforma de desarrollo gráfico SolidWorks, y su respectiva funcionalidad.



**Figura 26-2:** Diagrama de flujo del proceso en SolidWorks

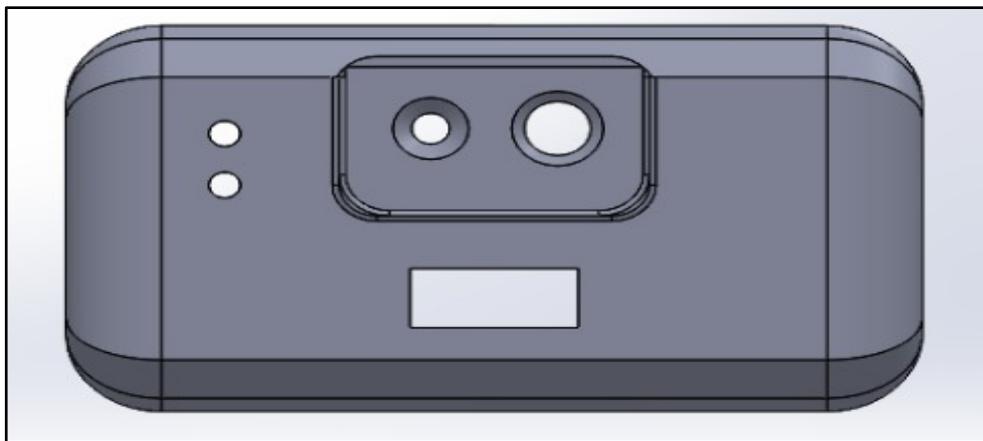
Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Es muy importante tener el bosquejo y diseñarlo en papel con el fin de tener una idea base para plasmarla eficientemente en SolidWorks.

Se detalla el proceso plasmado en la figura 26-2:

- Bosquejo en papel y definición de medidas del diseño
- Plasmar el diseño en croquis 2D y posterior 3D
- Ensamblaje de todas las piezas y partes para obtener el diseño de prototipo final.

A continuación, en la figura 27-2, se expone el diseño realizado en el software SolidWorks empleado para la carcasa del MMTC, en la cual se puede observar los diferentes trazos y sólidos para obtener una pieza única, el cual es impreso en 3D para su respectivo uso.



**Figura 27-2:** Diseño del sólido para el MMTC en SolidWorks.

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

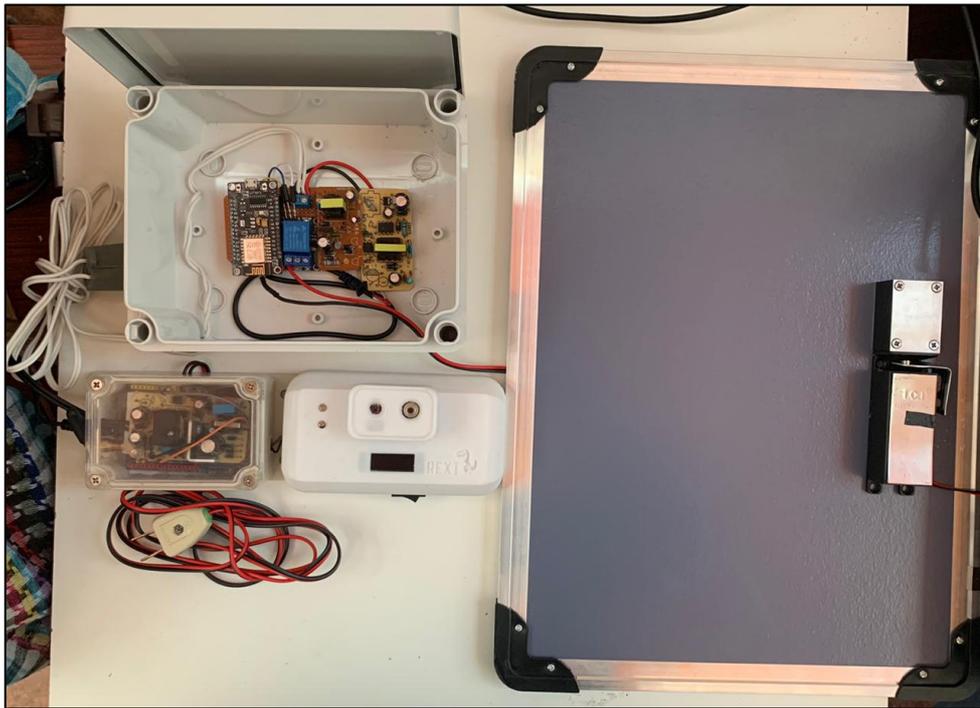
## 2.9 Implementación del prototipo de sistema

En el presente capítulo se detalla y evidencia el trabajo realizado con los módulos del sistema totalmente culminados, enlazados a la base de datos de la plataforma Ubidots, con su respectivo control de acceso y sistema de monitoreo y supervisión.

### 2.9.1 Módulos del prototipo de sistema

El prototipo de sistema es diseñado para que pueda ser instalado y adaptado en cualquier lugar en donde se lo requiera, dependiendo del tipo de control de acceso y su respectivo dispositivo de acceso electrónico. Por lo cual, para el presente caso se opta por el empleo de una cerradura

eléctrica para emular el funcionamiento del control de acceso en función de la temperatura corporal medida al usuario. Debido a la problemática sanitaria actual, no es posible realizar la instalación en un lugar con concurrencia de personas para evitar la propagación y contagio del virus Covid-19, por lo que el sistema es sometido a pruebas de laboratorio para ser validado y estudiado. La figura 28-2 muestra los módulos desarrollados para el sistema sin ser alimentados con sus fuentes de energía, y la figura 29-2 muestra el funcionamiento de todos los módulos del sistema totalmente energizados y puestos en funcionamiento.



**Figura 28-2:** Módulos del prototipo de sistema implementados des energizados.

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.



**Figura 29-2:** Módulos del prototipo de sistema implementados puestos en funcionamiento.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

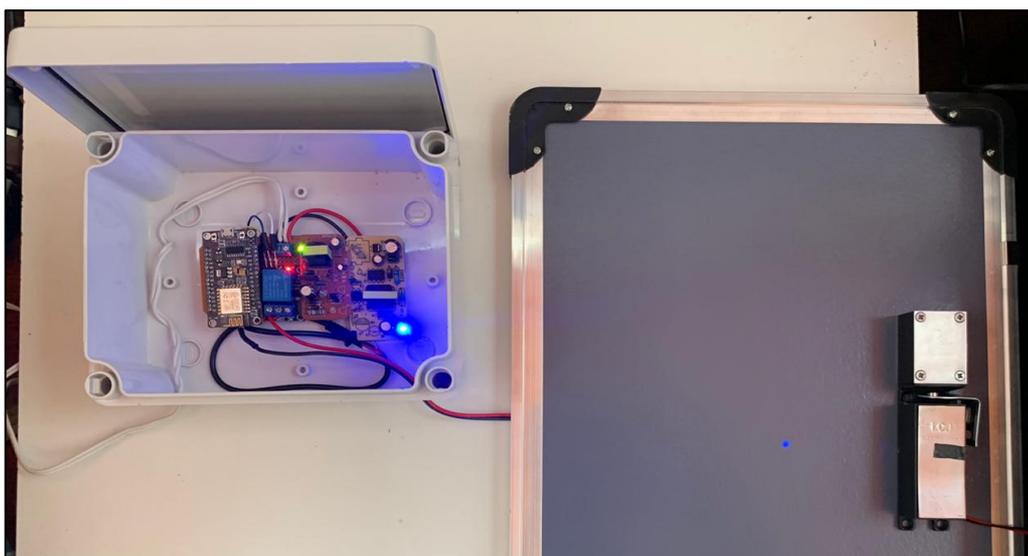
En la figura 30-2, se evidencia al módulo de medición de temperatura corporal, en donde se puede observar en la parte inferior del mismo su respectiva entrada de alimentación de tensión, la cual es de 5V continuos. Además, se observa que los sensores tanto de proximidad como de temperatura infrarroja están alineados para su correcto funcionamiento y sincronización en la parte frontal del módulo. De igual manera se observa en la cara frontal del módulo una pantalla Oled de 0.91 pulgadas ubicada debajo de los sensores para que el usuario pueda visualizar su temperatura corporal, así como también en la parte izquierda frontal del módulo están ubicados dos diodos LED, de color rojo y verde, para cumplir con el sistema de alarma visual propuesto en los requerimientos del sistema. En la cara izquierda del módulo se ubica un dispositivo buzzer para alertar al usuario en caso de una temperatura anormal. El diseño del módulo es impreso con material de filamento PLA (ácido poliláctico) en una impresora 3D.



**Figura 30-2:** Módulo de medición de temperatura corporal implementado

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

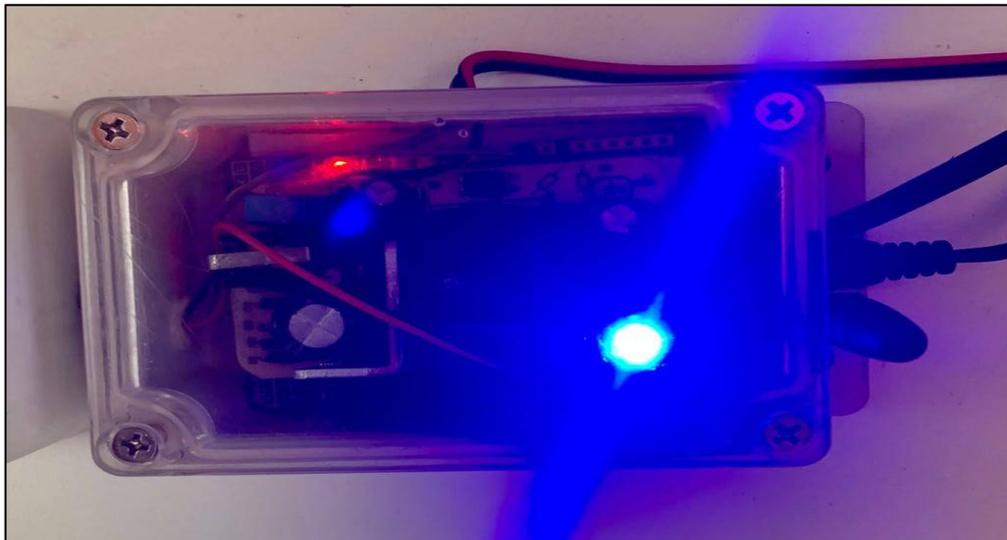
La figura 31-2 muestra la implementación del módulo de control de acceso automático, la fuente de alimentación de tensión es de 5V continuos, su activación muestra un LED de color morado en el NodeMCU V3. Presenta una cubierta de plástico a manera de tablero de control de color gris, la cual presente una alta resistencia ante posibles golpes, además de ser hermética con alto grado de protección (IP55). Este módulo se conecta inalámbricamente a la base de datos de Ubidots obteniendo los datos de temperatura corporal medidos, y el mismo se encarga de enviar una señal eléctrica por medio de un dispositivo conmutador llamado relé a la cerradura eléctrica. Si la temperatura corporal se encuentra dentro del rango normal entonces se habilita el acceso al usuario, caso contrario se mantiene bloqueada.



**Figura 31-2:** Módulo de control de acceso implementado.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En la figura 32-2 se puede evidenciar los elementos que forman parte del módulo de comunicación inalámbrica y base de datos, este módulo fue ubicado junto al MMTC para que el sistema sea compacto, este módulo es instalado en una caja hermética con tapa transparente, para su respectiva protección. Dentro de su implementación se observa a la tarjeta de comunicación inalámbrica Shield SIM900, con su respectiva fuente de alimentación, la cual es de 9V continuos. Esta tarjeta adquiere datos de la placa Arduino nano, y envía los datos hacia la base de datos diseñada en la plataforma de Ubidots.

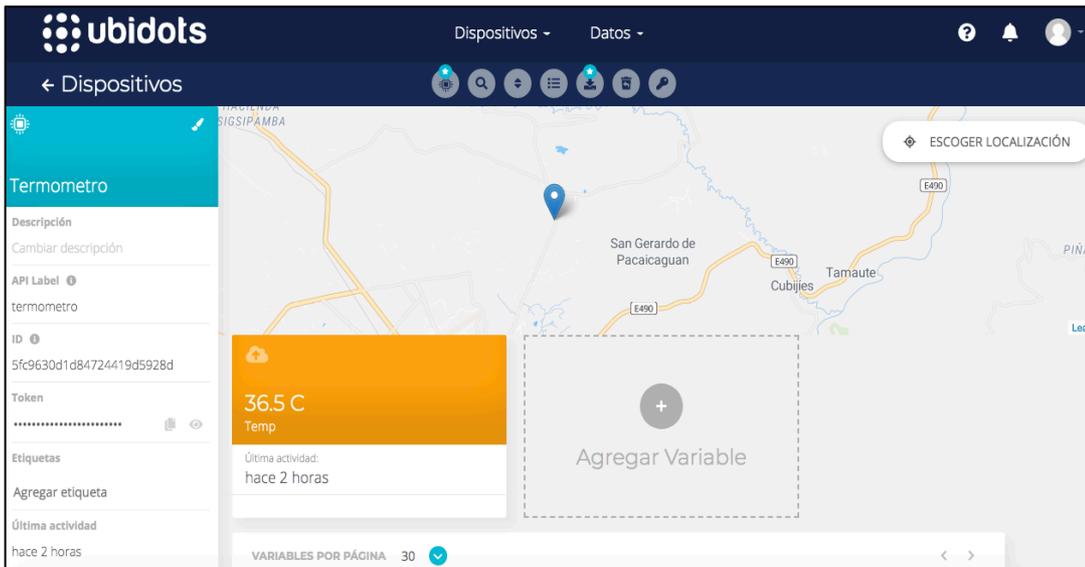


**Figura 32-2:** Módulo de comunicación inalámbrica y base de datos implementado.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

### **2.9.2 Base de datos en Ubidots**

La base de datos para el prototipo de sistema es creada en la plataforma de Ubidots. En la figura 33-2 se muestra la ventana en la cual se registra la información de la temperatura corporal medida, la hora y el lugar en donde fue tomada la medición.

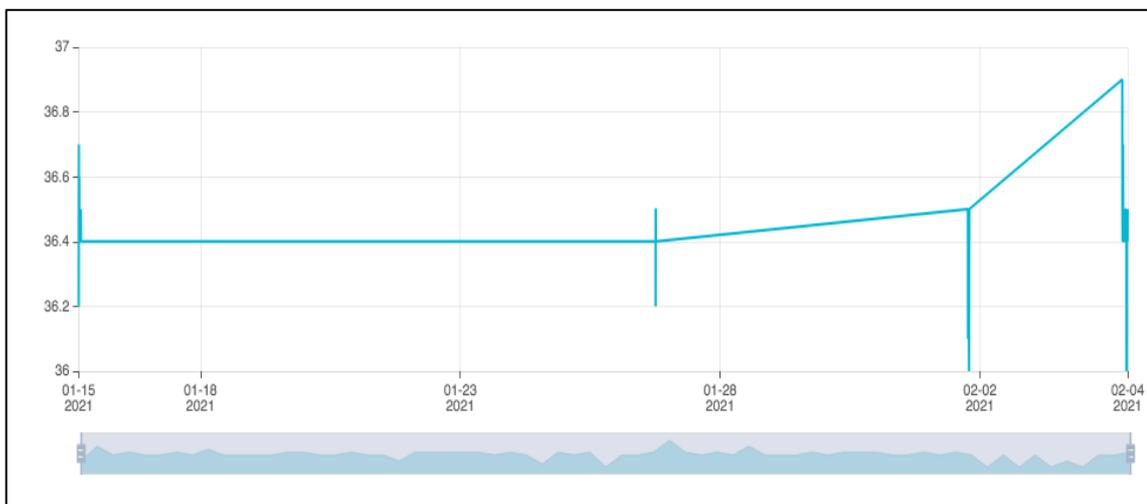


**Figura 33-2:** Base de datos implementada en Ubidots.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

### 2.9.3 Supervisión y monitoreo del sistema

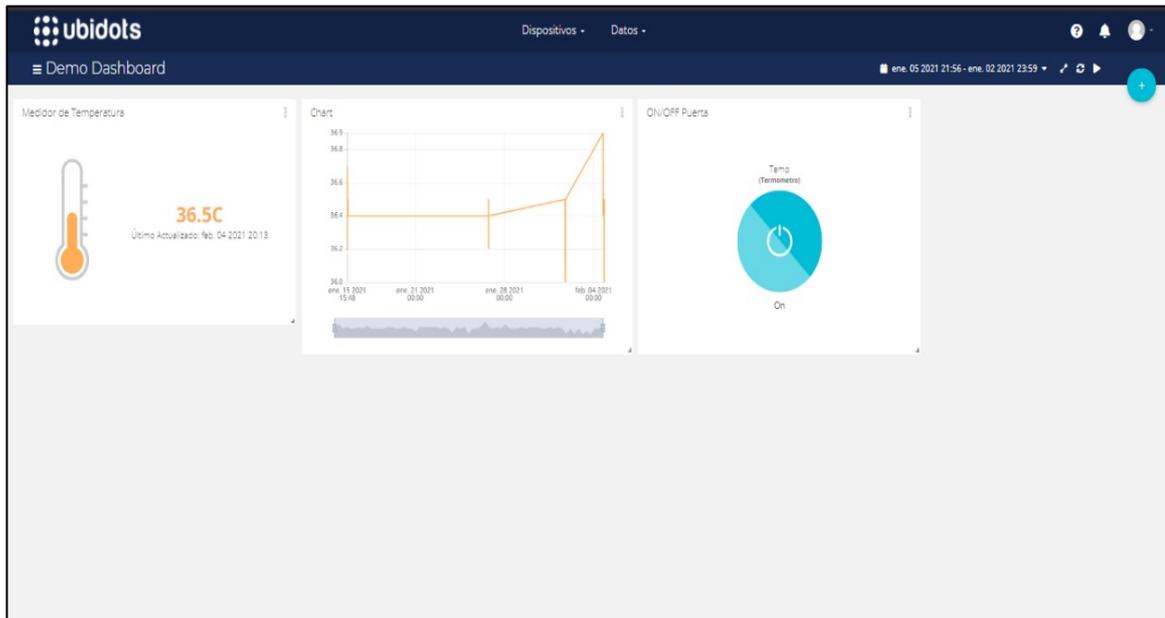
Para cumplir con la labor de llevar un registro, control y monitoreo de la temperatura corporal medida, se emplea la plataforma de Ubidots. Esta herramienta, luego de llevar un respaldo de la información obtenida por el MMTC, también nos permite supervisar las mediciones tomadas. En la figura 34-2, se observa una gráfica estadística obtenida desde la plataforma a partir de las mediciones registradas en la base de datos a tiempo real, permitiendo de esta manera detectar anomalías en las mediciones y posibles puntos de propagación del virus.



**Figura 34-2:** Resultado estadístico de temperatura corporal obtenida en Ubidots.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Esta plataforma también permite realizar un control remoto del acceso automático de un determinado punto de acceso. Para ello, Ubidots presenta una serie de herramientas para facilitar la realización de estas tareas. La figura 35-2 presenta el tablero de control y monitoreo diseñado para el prototipo de sistema en cuestión.



**Figura 35-2:** Tablero de control y supervisión en Ubidots.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO

El presente capítulo detalla las diferentes pruebas realizadas al prototipo del sistema, específicamente a todos y cada uno de los módulos que conforman al mismo, para obtener la respectiva validación de funcionamiento. Para ello, se ha considerado su composición de hardware y software, al igual que se analiza el cumplimiento de las funciones planteadas, el alcance y las limitaciones referentes a los diferentes requerimientos establecidos para todo el sistema que fueron planteados anteriormente.

#### 3.1 Caracterización del sensor de temperatura infrarrojo

Este apartado se lo llevó a cabo con el fin de encontrar el error de medición del sensor de temperatura infrarroja MLX90614 empleado en el prototipo de sistema. Para ello, se emplea un equipo patrón para evaluar la precisión de medición del módulo de medición de temperatura corporal, este instrumento patrón es la pistola de medición de temperatura corporal JXB182 de la marca Berrcom, este dispositivo posee una capacidad de medición de temperatura en Body mode de 32°C hasta los 43°C, y dentro del rango que es de interés para el sistema diseñado, el cual es de 36°C hasta los 39°C posee un nivel de precisión de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ . Su distancia de medición es de 3 a 5 centímetros, con un consumo de energía eléctrica menor a los 300mW (ABBXA, 2020).



**Figura 1-3:** Pistola de medición de temperatura Berrcom JXB182

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, para determinar el número de muestras a realizar, se emplea la ecuación 1 diseñada para una población desconocida, dicha ecuación se presenta a continuación (Triola, 2009):

$$n = \frac{\left[ Z_{\frac{\alpha}{2}} \right]^2 \cdot \hat{p} \hat{q}}{E^2} \quad (1)$$

Donde:

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ : Valor crítico de nivel de confianza

E: Margen de error

$\hat{p}$ : Proporción muestral

$\hat{q} = 1 - \hat{p}$

Para la presente fórmula se requiere que  $\hat{p}$  represente el estimado de la proporción de la población  $p$ , pero en el caso de que se desconozca el valor de la población, tanto  $\hat{p}$  como  $\hat{q}$  toman valores de 0.5, y como ambos valores se están multiplicando, el mayor valor posible en este caso es de 0.25 (Triola, 2009).

A continuación, se presentan los valores a considerar para reemplazar en la ecuación:

- Nivel de confianza: 95%, establecido como uno de los objetivos del prototipo de sistema.
- Valor crítico: 1.96, de acuerdo a la tabla establecida para el valor del nivel de confianza al 95% (Triola, 2009).
- Margen de error máximo: 5%, ya que en el presente caso es necesario el obtener una precisión muy grande en cuanto a la toma de mediciones de temperatura corporal.

Una vez reemplazados los valores que se obtuvieron en la ecuación 1, se obtiene que es necesario realizar 384.16 muestras, y si se obtiene un valor entero, es necesario 385 muestras. Es decir, para que el sistema en general presente un 95% de confianza con un margen de error máximo de 5 puntos porcentuales verdadero para todas las mediciones tomadas, mediante el uso de un muestreo aleatorio simple, realizar un total de 385 mediciones.

Luego de haber realizado las respectivas mediciones; a continuación, se muestran los datos obtenidos en las tablas 1-3 a la 12-3, referentes a la pistola de medición de temperatura y el módulo de medición de temperatura corporal con un error relativo del 5%. Cabe recalcar que en la tabla 1-3 se observan los resultados obtenidos sin haber sido procesados por el algoritmo de compensación diseñado para mejorar el nivel de precisión del sensor de temperatura empleado, así como también disminuir el porcentaje de error en las mediciones. A la vez, también se enlista el error absoluto obtenido en cada medición.

**Tabla 1-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (A)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
1.	36.7	1.835	32.67	4.03
2.	36.7	1.835	31.13	5.57
3.	36.7	1.835	31.47	5.23
4.	36.7	1.835	31.29	5.41
5.	36.7	1.835	31.21	5.49
6.	36.7	1.835	31.41	5.29
7.	36.7	1.835	31.21	5.49
8.	36.7	1.835	31.39	5.31
9.	36.7	1.835	31.47	5.23
10.	36.7	1.835	31.41	5.29
11.	36.7	1.835	31.41	5.29
12.	36.7	1.835	31.21	5.49
13.	36.7	1.835	30.71	5.99
14.	36.7	1.835	31.99	4.71
15.	36.7	1.835	32.11	4.59
16.	36.7	1.835	32.27	4.43
17.	36.7	1.835	32.21	4.49
18.	36.7	1.835	32.27	4.43
19.	36.7	1.835	32.25	4.45
20.	36.7	1.835	32.13	4.57
21.	36.7	1.835	32.17	4.53
22.	36.7	1.835	32.27	4.43
23.	36.7	1.835	32.31	4.39
24.	36.7	1.835	32.03	4.67
25.	36.7	1.835	31.97	4.73
26.	36.7	1.835	32.13	4.57
27.	36.7	1.835	32.09	4.61
28.	36.7	1.835	32.13	4.57
29.	36.7	1.835	32.09	4.61
30.	36.7	1.835	31.97	4.73
31.	36.7	1.835	32.13	4.57

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 2-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (B)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
32.	36.7	1.835	32.09	4.61
33.	36.7	1.835	32.13	4.57
34.	36.7	1.835	32.09	4.61
35.	36.7	1.835	29.97	6.73
36.	36.7	1.835	30.11	6.73
37.	36.7	1.835	30.25	6.59
38.	36.7	1.835	30.57	6.45
39.	36.7	1.835	30.45	6.13
40.	36.7	1.835	30.67	6.25
41.	36.7	1.835	30.71	6.03
42.	36.7	1.835	30.73	5.99
43.	36.7	1.835	30.85	5.97
44.	36.7	1.835	30.91	5.85
45.	36.7	1.835	32.05	5.79
46.	36.7	1.835	31.99	4.65
47.	36.7	1.835	31.89	4.71
48.	36.7	1.835	31.89	4.81
49.	36.7	1.835	31.97	4.81
50.	36.7	1.835	31.89	4.73
51.	36.7	1.835	32.03	4.81
52.	36.7	1.835	31.99	4.67
53.	36.7	1.835	31.99	4.71
54.	36.7	1.835	32.03	4.71
55.	36.7	1.835	32.41	4.67
56.	36.7	1.835	32.33	4.29
57.	36.7	1.835	32.49	4.37
58.	36.7	1.835	32.45	4.21
59.	36.7	1.835	32.77	4.25
60.	36.7	1.835	32.55	3.93
61.	36.7	1.835	32.59	4.15
62.	36.7	1.835	32.53	4.11
63.	36.7	1.835	32.53	4.17

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 3-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (C)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
64.	36.7	1.835	30.17	6.53
65.	36.7	1.835	30.09	6.61
66.	36.7	1.835	29.99	6.71
67.	36.7	1.835	29.99	6.71
68.	36.7	1.835	29.97	6.73
69.	36.7	1.835	29.99	6.71
70.	36.7	1.835	30.03	6.67
71.	36.7	1.835	30.09	6.61
72.	36.7	1.835	30.25	6.45
73.	36.7	1.835	30.23	6.47
74.	36.7	1.835	30.05	6.65
75.	36.7	1.835	30.11	6.59
76.	36	1.8	26.53	9.47
77.	36	1.8	26.59	9.41
78.	36	1.8	26.31	9.69
79.	36	1.8	26.35	9.65
80.	36	1.8	26.71	9.29
81.	36	1.8	26.65	9.35
82.	36	1.8	26.65	9.35
83.	36	1.8	26.41	9.59
84.	36	1.8	26.41	9.59
85.	36	1.8	26.43	9.57
86.	36.2	1.81	27.91	8.29
87.	36.2	1.81	28.05	8.15
88.	36.2	1.81	27.99	8.21
89.	36.2	1.81	27.93	8.27
90.	36.2	1.81	27.95	8.25
91.	36.2	1.81	27.85	8.35
92.	36.2	1.81	27.87	8.33
93.	36.2	1.81	27.87	8.33
94.	36.2	1.81	27.85	8.35
95.	36.2	1.81	27.87	8.33

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 4-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (D)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
96.	36.1	1.805	28.25	7.85
97.	36.1	1.805	28.27	7.83
98.	36.1	1.805	28.31	7.79
99.	36.1	1.805	28.27	7.83
100.	36.1	1.805	28.57	7.53
101.	36.1	1.805	28.59	7.51
102.	36.1	1.805	28.57	7.53
103.	36.1	1.805	28.65	7.45
104.	36.1	1.805	28.83	7.27
105.	36.1	1.805	28.91	7.19
106.	36.1	1.805	28.85	7.25
107.	36.8	1.84	31.05	5.75
108.	36.8	1.84	31.33	5.47
109.	36.8	1.84	31.39	5.41
110.	36.8	1.84	31.69	5.11
111.	36.8	1.84	31.69	5.11
112.	36.8	1.84	31.69	5.11
113.	36.8	1.84	31.71	5.09
114.	36.8	1.84	31.77	5.03
115.	36.8	1.84	31.63	5.17
116.	36.8	1.84	31.55	5.25
117.	36.6	1.83	30.91	5.69
118.	36.6	1.83	30.09	6.51
119.	36.6	1.83	30.11	6.49
120.	36.6	1.83	29.77	6.83
121.	36.6	1.83	30.15	6.45
122.	36.6	1.83	30.47	6.13
123.	36.6	1.83	30.17	6.43
124.	36.6	1.83	30.31	6.29
125.	36.6	1.83	29.77	6.83
126.	36.6	1.83	30.15	6.45
127.	36.6	1.83	30.19	6.41

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 5-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (E)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
128.	36.6	1.83	30.39	6.21
129.	36.6	1.83	30.77	5.83
130.	36.6	1.83	30.63	5.97
131.	36.6	1.83	30.37	6.23
132.	36.6	1.83	30.67	5.93
133.	36.6	1.83	30.79	5.81
134.	36.7	1.835	28.45	8.25
135.	36.7	1.835	27.63	9.07
136.	36.7	1.835	27.69	9.01
137.	36.7	1.835	28.19	8.51
138.	36.7	1.835	28.95	7.75
139.	36.7	1.835	29.35	7.35
140.	36.7	1.835	28.95	7.75
141.	36.7	1.835	28.25	8.45
142.	36.7	1.835	27.93	8.77
143.	36.7	1.835	27.81	8.89
144.	36.7	1.835	28.27	8.43
145.	36.7	1.835	28.69	8.01
146.	36.7	1.835	28.75	7.95
147.	36.7	1.835	28.23	8.47
148.	36.7	1.835	28.43	8.27
149.	36.7	1.835	28.75	7.95
150.	36.7	1.835	28.31	8.39
151.	36.7	1.835	28.75	7.95
152.	36.7	1.835	28.83	7.87
153.	36.7	1.835	28.79	7.91
154.	36.7	1.835	28.95	7.75
155.	36.7	1.835	29.17	7.53
156.	36.7	1.835	29.29	7.41
157.	36.7	1.835	29.25	7.45
158.	36.7	1.835	29.31	7.39
159.	36.7	1.835	29.29	7.41

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 6-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (F)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
160.	36.7	1.835	29.25	7.45
161.	36.7	1.835	29.43	7.27
162.	36.7	1.835	29.45	7.25
163.	36.7	1.835	29.35	7.35
164.	36.7	1.835	29.17	7.53
165.	36.7	1.835	29.37	7.33
166.	36.7	1.835	29.45	7.25
167.	36.7	1.835	29.43	7.27
168.	36.7	1.835	29.39	7.31
169.	36.7	1.835	29.39	7.31
170.	36.7	1.835	29.09	7.61
171.	36.4	1.82	29.97	6.43
172.	36.4	1.82	29.75	6.65
173.	36.4	1.82	29.65	6.75
174.	36.4	1.82	30.17	6.23
175.	36.4	1.82	30.87	5.53
176.	36.4	1.82	31.69	4.71
177.	36.4	1.82	31.97	4.43
178.	36.4	1.82	31.55	4.85
179.	36.4	1.82	31.91	4.49
180.	36.4	1.82	31.95	4.45
181.	36.4	1.82	31.97	4.43
182.	36.4	1.82	32.05	4.35
183.	36.4	1.82	31.67	4.73
184.	36.4	1.82	31.11	5.29
185.	36.4	1.82	31.49	4.91
186.	36.4	1.82	31.55	4.85
187.	36.4	1.82	31.61	4.79
188.	36.6	1.83	32.85	3.75
189.	36.6	1.83	32.91	3.69
190.	36.6	1.83	32.83	3.77
191.	36.6	1.83	32.67	3.93

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 7-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (G)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
192.	36.6	1.83	32.25	4.35
193.	36.6	1.83	32.19	4.41
194.	36.6	1.83	32.25	4.35
195.	36.6	1.83	32.81	3.79
196.	36.6	1.83	32.85	3.75
197.	36.6	1.83	32.53	4.07
198.	36.3	1.815	28.69	7.61
199.	36.3	1.815	28.91	7.39
200.	36.3	1.815	29.17	7.13
201.	36.3	1.815	29.35	6.95
202.	36.3	1.815	29.39	6.91
203.	36.3	1.815	29.35	6.95
204.	36.3	1.815	29.17	7.13
205.	36.3	1.815	29.31	6.99
206.	36.3	1.815	29.45	6.85
207.	36.3	1.815	29.57	6.73
208.	36.3	1.815	29.39	6.91
209.	36.3	1.815	29.39	6.91
210.	36.3	1.815	29.59	6.71
211.	36.9	1.845	32.83	4.07
212.	36.9	1.845	33.05	3.85
213.	36.9	1.845	33.11	3.79
214.	36.9	1.845	33.13	3.77
215.	36.9	1.845	32.91	3.99
216.	36.9	1.845	32.83	4.07
217.	36.9	1.845	32.61	4.29
218.	36.9	1.845	32.75	4.15
219.	36.9	1.845	32.83	4.07
220.	36.9	1.845	32.91	3.99
221.	36.9	1.845	33.11	3.79
222.	36.9	1.845	33.19	3.71
223.	36.9	1.845	32.99	3.91

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 8-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (H)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
224.	36.9	1.845	32.91	3.99
225.	36.9	1.845	32.83	4.07
226.	36.9	1.845	32.81	4.09
227.	36.9	1.845	32.91	3.99
228.	36.9	1.845	32.91	3.99
229.	36.9	1.845	32.8	4.1
230.	36.9	1.845	32.91	3.99
231.	36.9	1.845	32.91	3.99
232.	36.7	1.835	33.93	2.77
233.	36.7	1.835	33.71	2.99
234.	36.7	1.835	33.65	3.05
235.	36.7	1.835	33.65	3.05
236.	36.7	1.835	33.61	3.09
237.	36.7	1.835	33.79	2.91
238.	36.7	1.835	33.83	2.87
239.	36.7	1.835	33.55	3.15
240.	36.7	1.835	33.63	3.07
241.	36.7	1.835	33.65	3.05
242.	36.7	1.835	33.55	3.15
243.	36.9	1.845	32.91	3.99
244.	36.9	1.845	32.77	4.13
245.	36.9	1.845	32.85	4.05
246.	36.9	1.845	32.71	4.19
247.	36.9	1.845	32.53	4.37
248.	36.9	1.845	32.61	4.29
249.	36.9	1.845	32.39	4.51
250.	36.9	1.845	32.41	4.49
251.	36.9	1.845	32.47	4.43
252.	36.9	1.845	32.69	4.21
253.	36.9	1.845	32.69	4.21
254.	36.9	1.845	32.71	4.19
255.	36.9	1.845	32.63	4.27

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 9-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (I)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
256.	36.9	1.845	32.91	3.99
257.	36.9	1.845	32.83	4.07
258.	36.9	1.845	32.81	4.09
259.	36.9	1.845	32.91	3.99
260.	36.9	1.845	32.91	3.99
261.	36.9	1.845	32.8	4.1
262.	36.9	1.845	32.91	3.99
263.	36.9	1.845	32.91	3.99
264.	36.7	1.835	33.93	2.77
265.	36.7	1.835	33.71	2.99
266.	36.7	1.835	33.65	3.05
267.	36.7	1.835	33.65	3.05
268.	36.7	1.835	33.61	3.09
269.	36.7	1.835	33.79	2.91
270.	36.7	1.835	33.83	2.87
271.	36.7	1.835	33.55	3.15
272.	36.7	1.835	33.63	3.07
273.	36.7	1.835	33.65	3.05
274.	36.7	1.835	33.55	3.15
275.	36.9	1.845	32.91	3.99
276.	36.9	1.845	32.77	4.13
277.	36.9	1.845	32.85	4.05
278.	36.9	1.845	32.71	4.19
279.	36.9	1.845	32.53	4.37
280.	36.9	1.845	32.61	4.29
281.	36.9	1.845	32.39	4.51
282.	36.9	1.845	32.41	4.49
283.	36.9	1.845	32.47	4.43
284.	36.9	1.845	32.69	4.21
285.	36.9	1.845	32.69	4.21
286.	36.9	1.845	32.71	4.19
287.	36.9	1.845	32.63	4.27

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 10-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (J)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
288.	36.8	1.84	33.13	3.67
289.	36.8	1.84	33.07	3.73
290.	36.8	1.84	33.21	3.59
291.	36.8	1.84	33.21	3.59
292.	36.8	1.84	33.11	3.69
293.	36.8	1.84	33.13	3.67
294.	36.8	1.84	33.21	3.59
295.	36.8	1.84	33.11	3.69
296.	36.8	1.84	33.29	3.51
297.	36.8	1.84	33.63	3.17
298.	36.8	1.84	33.61	3.19
299.	36.8	1.84	33.65	3.15
300.	36.8	1.84	33.71	3.09
301.	36.8	1.84	33.79	3.01
302.	36.8	1.84	33.71	3.09
303.	36.8	1.84	33.65	3.15
304.	36.8	1.84	33.73	3.07
305.	36.8	1.84	33.63	3.17
306.	36.8	1.84	33.77	3.03
307.	36.8	1.84	33.77	3.03
308.	36.8	1.84	33.87	2.93
309.	36.8	1.84	33.85	2.95
310.	36.8	1.84	33.93	2.87
311.	36.9	1.845	33.43	3.47
312.	36.9	1.845	32.61	4.29
313.	36.9	1.845	32.89	4.01
314.	36.9	1.845	33.03	3.87
315.	36.9	1.845	33.13	3.77
316.	36.9	1.845	33.03	3.87
317.	36.9	1.845	32.85	4.05
318.	36.9	1.845	33.03	3.87
319.	36.9	1.845	32.99	3.91

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021

**Tabla 11-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (K)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
320.	36.9	1.845	33.03	3.87
321.	36.9	1.845	32.97	3.93
322.	36.9	1.845	33.03	3.87
323.	36.9	1.845	32.97	3.93
324.	36.9	1.845	33.17	3.73
325.	36.9	1.845	33.03	3.87
326.	36.9	1.845	32.91	3.99
327.	36.9	1.845	32.99	3.91
328.	36.9	1.845	32.89	4.01
329.	36.9	1.845	32.89	4.01
330.	36.9	1.845	33.05	3.85
331.	36.9	1.845	33.29	3.61
332.	36.9	1.845	33.29	3.61
333.	36.9	1.845	33.29	3.61
334.	36.8	1.84	32.91	3.89
335.	36.8	1.84	32.13	4.67
336.	36.8	1.84	32.59	4.21
337.	36.8	1.84	32.63	4.17
338.	36.8	1.84	32.59	4.21
339.	36.8	1.84	32.47	4.33
340.	36.8	1.84	32.41	4.39
341.	36.8	1.84	32.59	4.21
342.	36.8	1.84	32.61	4.19
343.	36.8	1.84	32.67	4.13
344.	36.8	1.84	32.69	4.11
345.	36.8	1.84	32.71	4.09
346.	36.8	1.84	32.75	4.05
347.	36.8	1.84	32.75	4.05
348.	36.8	1.84	32.63	4.17
349.	36.8	1.84	32.33	4.47
350.	36.8	1.84	33.27	3.53

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021

**Tabla 12-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (L)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
351.	36.8	1.84	33.35	3.45
352.	36.8	1.84	33.71	3.09
353.	36.8	1.84	33.51	3.29
354.	36.8	1.84	33.47	3.33
355.	36.8	1.84	33.39	3.41
356.	36.8	1.84	33.35	3.45
357.	36.8	1.84	33.39	3.41
358.	36.8	1.84	33.41	3.39
359.	36.8	1.84	33.41	3.39
360.	36.8	1.84	33.49	3.31
361.	36.8	1.84	33.47	3.33
362.	36.8	1.84	33.49	3.31
363.	36.8	1.84	33.57	3.23
364.	36.8	1.84	33.55	3.25
365.	36.8	1.84	33.63	3.17
366.	36.8	1.84	33.49	3.31
367.	36.8	1.84	33.13	3.67
368.	36.8	1.84	33.03	3.77
369.	36.8	1.84	32.91	3.89
370.	36.8	1.84	32.85	3.95
371.	36.8	1.84	32.83	3.97
372.	36.8	1.84	32.63	4.17
373.	36.8	1.84	32.69	4.11
374.	36.8	1.84	32.89	3.91
375.	36.8	1.84	32.83	3.97
376.	36.8	1.84	32.83	3.97
377.	36.8	1.84	32.83	3.97
378.	36.8	1.84	32.75	4.05
379.	36.8	1.84	32.69	4.11
380.	36.9	1.845	32.63	4.27
381.	36.9	1.845	32.69	4.21

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 13-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 sin algoritmo de compensación. (M)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
382.	36.7	1.835	32.67	4.03
383.	36.7	1.835	31.13	5.57
384.	36.7	1.835	31.47	5.23
385.	36.7	1.835	31.29	5.41

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede observar en las tablas 1-3 a la 13-3, el error absoluto obtenido por el sensor de temperatura infrarrojo supera el error relativo que posee el instrumento patrón, lo cual no es conveniente para este tipo de mediciones que requieren una gran precisión, por lo cual es necesario realizar un algoritmo de compensación que mejore este nivel disminuyéndolo de tal manera que sea muy preciso, y a la vez, disminuya el porcentaje de error en todas y cada una de las mediciones.

Este algoritmo de compensación es diseñado en la plataforma para la ingeniería Matlab, a través de la herramienta matemática polyfit que incluye este software. Se trata de un método de ajuste de una curva polinómica mediante interpolación, la cual se encarga de entregar los coeficientes para un determinado polinomio de tipo  $p(x)$ , el mismo que es de grado  $n$ , este último es la mejor solución con respecto a los mínimos cuadrados para los datos de  $y$ . todos los coeficientes que se obtiene para  $p$  están ubicados en potencias descendentes, y la longitud del polinomio  $p$  está representada como  $n+1$ . La ecuación 2 representa la estructura básica del método polinómico polyfit y la ecuación 3 representa el polinomio final  $p(x)$  resultado de ejecutar la herramienta polifyt (Mathworks, 2016).

$$p(x) = P_1x^n + P_2x^{n-1} + \dots + P_nx + P_{n+1} \quad (2)$$

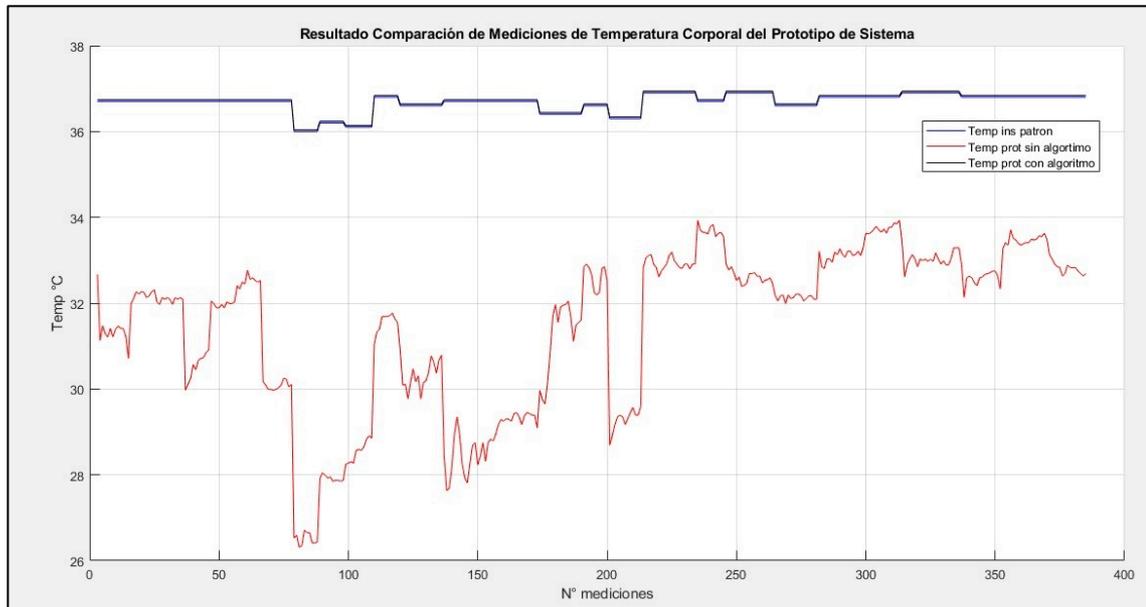
Para el sistema planteado, luego de haber implementado el algoritmo de compensación en Matlab, se obtiene los siguientes coeficientes para el polinomio  $p(x)$  resultado del análisis en la tabla 14-3:

**Tabla 14-3:** Coeficientes del algoritmo de compensación diseñado para el prototipo del sistema

Variable	Coficiente
$x^3$	0.016607645477448
$x^2$	-1.49004807510183
$x$	44.5324310262139
Variable independiente	-406.887502562552

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En la figura 2-3 se puede evidenciar el resultado de la comparación de las mediciones de temperatura corporal obtenidas con el instrumento patrón, y con el prototipo de sistema implementado tanto con algoritmo y sin algoritmo de compensación haciendo uso del *software* para la ingeniería de Matlab.



**Figura 2-3:** Comparación temperatura corporal con y sin algoritmo de compensación matlab  
**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, las tablas 15-3 a la 27-3, se muestran los valores referentes a la pistola de medición de temperatura empleada como instrumento patrón y el módulo de medición de temperatura corporal con un error relativo del 5%. En esta ocasión, las mediciones obtenidas por el sensor de temperatura son procesado por el algoritmo de compensación diseñado para el presente caso, y el nuevo error absoluto derivado de estas mediciones.

**Tabla 15-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (A)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
1.	36.7	1.835	36.72	0.02
2.	36.7	1.835	36.44	0.26
3.	36.7	1.835	36.47	0.23
4.	36.7	1.835	36.45	0.25
5.	36.7	1.835	36.45	0.25
6.	36.7	1.835	36.46	0.24
7.	36.7	1.835	36.45	0.25
8.	36.7	1.835	36.46	0.24
9.	36.7	1.835	36.47	0.23
10.	36.7	1.835	36.46	0.24
11.	36.7	1.835	36.46	0.24
12.	36.7	1.835	36.45	0.25
13.	36.7	1.835	36.44	0.26
14.	36.7	1.835	36.54	0.16
15.	36.7	1.835	36.56	0.14
16.	36.7	1.835	36.60	0.10
17.	36.7	1.835	36.58	0.12
18.	36.7	1.835	36.60	0.10
19.	36.7	1.835	36.59	0.11
20.	36.7	1.835	36.57	0.13
21.	36.7	1.835	36.58	0.12
22.	36.7	1.835	36.60	0.10
23.	36.7	1.835	36.61	0.09
24.	36.7	1.835	36.55	0.15
25.	36.7	1.835	36.53	0.17
26.	36.7	1.835	36.57	0.13
27.	36.7	1.835	36.56	0.14
28.	36.7	1.835	36.57	0.13
29.	36.7	1.835	36.56	0.14
30.	36.7	1.835	36.53	0.17
31.	36.7	1.835	36.57	0.13

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 16-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (B)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
32.	36.7	1.835	36.57	0.13
33.	36.7	1.835	36.56	0.14
34.	36.7	1.835	36.45	0.25
35.	36.7	1.835	36.45	0.25
36.	36.7	1.835	36.44	0.26
37.	36.7	1.835	36.44	0.26
38.	36.7	1.835	36.44	0.26
39.	36.7	1.835	36.44	0.26
40.	36.7	1.835	36.44	0.26
41.	36.7	1.835	36.44	0.26
42.	36.7	1.835	36.44	0.26
43.	36.7	1.835	36.44	0.26
44.	36.7	1.835	36.55	0.15
45.	36.7	1.835	36.54	0.16
46.	36.7	1.835	36.52	0.18
47.	36.7	1.835	36.52	0.18
48.	36.7	1.835	36.53	0.17
49.	36.7	1.835	36.52	0.18
50.	36.7	1.835	36.55	0.15
51.	36.7	1.835	36.54	0.16
52.	36.7	1.835	36.54	0.16
53.	36.7	1.835	36.55	0.15
54.	36.7	1.835	36.64	0.06
55.	36.7	1.835	36.61	0.09
56.	36.7	1.835	36.66	0.04
57.	36.7	1.835	36.65	0.05
58.	36.7	1.835	36.75	0.05
59.	36.7	1.835	36.68	0.02
60.	36.7	1.835	36.69	0.01
61.	36.7	1.835	36.67	0.03
62.	36.7	1.835	36.66	0.04

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 17-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (C)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
63.	36.7	1.835	36.67	0.03
64.	36.7	1.835	36.44	0.26
65.	36.7	1.835	36.45	0.25
66.	36.7	1.835	36.45	0.25
67.	36.7	1.835	36.45	0.25
68.	36.7	1.835	36.45	0.25
69.	36.7	1.835	36.45	0.25
70.	36.7	1.835	36.45	0.25
71.	36.7	1.835	36.45	0.25
72.	36.7	1.835	36.44	0.26
73.	36.7	1.835	36.44	0.26
74.	36.7	1.835	36.45	0.25
75.	36.7	1.835	36.45	0.25
76.	36	1.8	35.91	0.09
77.	36	1.8	35.95	0.05
78.	36	1.8	35.79	0.21
79.	36	1.8	35.81	0.19
80.	36	1.8	36.01	0.01
81.	36	1.8	35.98	0.02
82.	36	1.8	35.98	0.02
83.	36	1.8	35.85	0.15
84.	36	1.8	35.85	0.15
85.	36	1.8	35.86	0.14
86.	36.2	1.81	36.38	0.18
87.	36.2	1.81	36.40	0.20
88.	36.2	1.81	36.39	0.19
89.	36.2	1.81	36.38	0.18
90.	36.2	1.81	36.39	0.19
91.	36.2	1.81	36.37	0.17
92.	36.2	1.81	36.37	0.17
93.	36.2	1.81	36.37	0.17

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 18-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (D)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
94.	36.2	1.81	36.37	0.17
95.	36.1	1.805	36.43	0.33
96.	36.1	1.805	36.43	0.33
97.	36.1	1.805	36.43	0.33
98.	36.1	1.805	36.43	0.33
99.	36.1	1.805	36.45	0.35
100.	36.1	1.805	36.45	0.35
101.	36.1	1.805	36.45	0.35
102.	36.1	1.805	36.46	0.36
103.	36.1	1.805	36.46	0.36
104.	36.1	1.805	36.47	0.37
105.	36.1	1.805	36.46	0.36
106.	36.8	1.84	36.44	0.36
107.	36.8	1.84	36.46	0.34
108.	36.8	1.84	36.46	0.34
109.	36.8	1.84	36.49	0.31
110.	36.8	1.84	36.49	0.31
111.	36.8	1.84	36.49	0.31
112.	36.8	1.84	36.49	0.31
113.	36.8	1.84	36.50	0.30
114.	36.8	1.84	36.48	0.32
115.	36.8	1.84	36.48	0.32
116.	36.6	1.83	36.44	0.16
117.	36.6	1.83	36.45	0.15
118.	36.6	1.83	36.45	0.15
119.	36.6	1.83	36.46	0.14
120.	36.6	1.83	36.44	0.16
121.	36.6	1.83	36.44	0.16
122.	36.6	1.83	36.44	0.16
123.	36.6	1.83	36.44	0.16
124.	36.6	1.83	36.46	0.14

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 19-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (E)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
125.	36.6	1.83	36.44	0.16
126.	36.6	1.83	36.44	0.16
127.	36.6	1.83	36.44	0.16
128.	36.6	1.83	36.44	0.16
129.	36.6	1.83	36.44	0.16
130.	36.6	1.83	36.44	0.16
131.	36.6	1.83	36.44	0.16
132.	36.6	1.83	36.44	0.16
133.	36.7	1.835	36.44	0.26
134.	36.7	1.835	36.32	0.38
135.	36.7	1.835	36.34	0.36
136.	36.7	1.835	36.42	0.28
137.	36.7	1.835	36.47	0.23
138.	36.7	1.835	36.47	0.23
139.	36.7	1.835	36.47	0.23
140.	36.7	1.835	36.43	0.27
141.	36.7	1.835	36.38	0.32
142.	36.7	1.835	36.36	0.34
143.	36.7	1.835	36.43	0.27
144.	36.7	1.835	36.46	0.24
145.	36.7	1.835	36.46	0.24
146.	36.7	1.835	36.42	0.28
147.	36.7	1.835	36.44	0.26
148.	36.7	1.835	36.46	0.24
149.	36.7	1.835	36.43	0.27
150.	36.7	1.835	36.46	0.24
151.	36.7	1.835	36.46	0.24
152.	36.7	1.835	36.46	0.24
153.	36.7	1.835	36.47	0.23
154.	36.7	1.835	36.47	0.23
155.	36.7	1.835	36.47	0.23
156.	36.7	1.835	36.47	0.23

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 20-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (F)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
157.	36.7	1.835	36.47	0.23
158.	36.7	1.835	36.47	0.23
159.	36.7	1.835	36.47	0.23
160.	36.7	1.835	36.46	0.24
161.	36.7	1.835	36.46	0.24
162.	36.7	1.835	36.47	0.23
163.	36.7	1.835	36.47	0.23
164.	36.7	1.835	36.47	0.23
165.	36.7	1.835	36.46	0.24
166.	36.7	1.835	36.46	0.24
167.	36.7	1.835	36.46	0.24
168.	36.7	1.835	36.46	0.24
169.	36.7	1.835	36.47	0.23
170.	36.4	1.82	36.45	0.05
171.	36.4	1.82	36.46	0.06
172.	36.4	1.82	36.46	0.06
173.	36.4	1.82	36.44	0.04
174.	36.4	1.82	36.44	0.04
175.	36.4	1.82	36.49	0.09
176.	36.4	1.82	36.53	0.13
177.	36.4	1.82	36.48	0.08
178.	36.4	1.82	36.52	0.12
179.	36.4	1.82	36.53	0.13
180.	36.4	1.82	36.53	0.13
181.	36.4	1.82	36.55	0.15
182.	36.4	1.82	36.49	0.09
183.	36.4	1.82	36.44	0.04
184.	36.4	1.82	36.47	0.07
185.	36.4	1.82	36.48	0.08
186.	36.4	1.82	36.48	0.08
187.	36.6	1.83	36.79	0.19
188.	36.6	1.83	36.81	0.21

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 21-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (G)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
189.	36.6	1.83	36.78	0.18
190.	36.6	1.83	36.72	0.12
191.	36.6	1.83	36.59	0.01
192.	36.6	1.83	36.58	0.02
193.	36.6	1.83	36.59	0.01
194.	36.6	1.83	36.77	0.17
195.	36.6	1.83	36.79	0.19
196.	36.6	1.83	36.67	0.07
197.	36.3	1.815	36.46	0.16
198.	36.3	1.815	36.47	0.17
199.	36.3	1.815	36.47	0.17
200.	36.3	1.815	36.47	0.17
201.	36.3	1.815	36.46	0.16
202.	36.3	1.815	36.47	0.17
203.	36.3	1.815	36.47	0.17
204.	36.3	1.815	36.47	0.17
205.	36.3	1.815	36.46	0.16
206.	36.3	1.815	36.46	0.16
207.	36.3	1.815	36.46	0.16
208.	36.3	1.815	36.46	0.16
209.	36.3	1.815	36.46	0.16
210.	36.9	1.845	36.78	0.12
211.	36.9	1.845	36.87	0.03
212.	36.9	1.845	36.90	0.00
213.	36.9	1.845	36.91	0.01
214.	36.9	1.845	36.81	0.09
215.	36.9	1.845	36.78	0.12
216.	36.9	1.845	36.70	0.20
217.	36.9	1.845	36.75	0.15
218.	36.9	1.845	36.78	0.12
219.	36.9	1.845	36.81	0.09
220.	36.9	1.845	36.90	0.00

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 22-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (H)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
221.	36.9	1.845	36.94	0.04
222.	36.9	1.845	36.84	0.06
223.	36.9	1.845	36.81	0.09
224.	36.9	1.845	36.78	0.12
225.	36.9	1.845	36.77	0.13
226.	36.9	1.845	36.81	0.09
227.	36.9	1.845	36.81	0.09
228.	36.9	1.845	36.77	0.13
229.	36.9	1.845	36.81	0.09
230.	36.9	1.845	36.81	0.09
231.	36.7	1.835	37.41	0.71
232.	36.7	1.835	37.25	0.55
233.	36.7	1.835	37.21	0.51
234.	36.7	1.835	37.21	0.51
235.	36.7	1.835	37.18	0.48
236.	36.7	1.835	37.31	0.61
237.	36.7	1.835	37.34	0.64
238.	36.7	1.835	37.14	0.44
239.	36.7	1.835	37.20	0.50
240.	36.7	1.835	37.21	0.51
241.	36.7	1.835	37.14	0.44
242.	36.9	1.845	36.81	0.09
243.	36.9	1.845	36.75	0.15
244.	36.9	1.845	36.79	0.11
245.	36.9	1.845	36.73	0.17
246.	36.9	1.845	36.67	0.23
247.	36.9	1.845	36.70	0.20
248.	36.9	1.845	36.63	0.27
249.	36.9	1.845	36.64	0.26
250.	36.9	1.845	36.65	0.25
251.	36.9	1.845	36.73	0.17
252.	36.9	1.845	36.73	0.17

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 23-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (I)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
253.	36.9	1.845	36.94	0.04
254.	36.9	1.845	36.84	0.06
255.	36.9	1.845	36.81	0.09
256.	36.9	1.845	36.78	0.12
257.	36.9	1.845	36.77	0.13
258.	36.9	1.845	36.81	0.09
259.	36.9	1.845	36.81	0.09
260.	36.9	1.845	36.77	0.13
261.	36.7	1.835	36.81	0.09
262.	36.7	1.835	36.81	0.09
263.	36.7	1.835	37.41	0.71
264.	36.7	1.835	37.25	0.55
265.	36.7	1.835	37.21	0.51
266.	36.7	1.835	37.21	0.51
267.	36.7	1.835	37.18	0.48
268.	36.7	1.835	37.31	0.61
269.	36.7	1.835	37.34	0.64
270.	36.7	1.835	37.14	0.44
271.	36.7	1.835	37.20	0.50
272.	36.9	1.845	37.21	0.51
273.	36.9	1.845	37.14	0.44
274.	36.9	1.845	36.81	0.09
275.	36.9	1.845	36.75	0.15
276.	36.9	1.845	36.79	0.11
277.	36.9	1.845	36.73	0.17
278.	36.9	1.845	36.67	0.23
279.	36.9	1.845	36.70	0.20
280.	36.9	1.845	36.63	0.27
281.	36.9	1.845	36.64	0.26
282.	36.9	1.845	36.65	0.25
283.	36.9	1.845	36.73	0.17
284.	36.9	1.845	36.73	0.17

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 24-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (J)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
285.	36.9	1.845	36.73	0.17
286.	36.9	1.845	36.70	0.20
287.	36.9	1.845	36.70	0.20
288.	36.9	1.845	36.65	0.25
289.	36.9	1.845	36.67	0.23
290.	36.9	1.845	36.68	0.22
291.	36.9	1.845	36.69	0.21
292.	36.9	1.845	36.65	0.25
293.	36.6	1.83	36.58	0.02
294.	36.6	1.83	36.55	0.05
295.	36.6	1.83	36.58	0.02
296.	36.6	1.83	36.58	0.02
297.	36.6	1.83	36.54	0.06
298.	36.6	1.83	36.58	0.02
299.	36.6	1.83	36.56	0.04
300.	36.6	1.83	36.57	0.03
301.	36.6	1.83	36.58	0.02
302.	36.6	1.83	36.58	0.02
303.	36.6	1.83	36.58	0.02
304.	36.6	1.83	36.55	0.05
305.	36.6	1.83	36.56	0.04
306.	36.6	1.83	36.58	0.02
307.	36.6	1.83	36.58	0.02
308.	36.6	1.83	36.56	0.04
309.	36.6	1.83	36.56	0.04
310.	36.8	1.84	36.95	0.15
311.	36.8	1.84	36.79	0.01
312.	36.8	1.84	36.77	0.03
313.	36.8	1.84	36.86	0.06
314.	36.8	1.84	36.86	0.06
315.	36.8	1.84	36.83	0.03
316.	36.8	1.84	36.94	0.14

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021

**Tabla 25-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (K)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
317.	36.8	1.84	36.91	0.11
318.	36.8	1.84	36.98	0.18
319.	36.8	1.84	36.91	0.11
320.	36.8	1.84	36.88	0.08
321.	36.8	1.84	36.95	0.15
322.	36.8	1.84	36.95	0.15
323.	36.8	1.84	36.90	0.10
324.	36.8	1.84	36.91	0.11
325.	36.8	1.84	36.95	0.15
326.	36.8	1.84	36.90	0.10
327.	36.8	1.84	36.99	0.19
328.	36.8	1.84	37.20	0.40
329.	36.8	1.84	37.18	0.38
330.	36.8	1.84	37.21	0.41
331.	36.8	1.84	37.25	0.45
332.	36.8	1.84	37.31	0.51
333.	36.8	1.84	37.25	0.45
334.	36.8	1.84	37.21	0.41
335.	36.8	1.84	37.26	0.46
336.	36.8	1.84	37.20	0.40
337.	36.8	1.84	37.29	0.49
338.	36.8	1.84	37.29	0.49
339.	36.8	1.84	37.37	0.57
340.	36.8	1.84	37.35	0.55
341.	36.8	1.84	37.41	0.61
342.	36.9	1.845	37.07	0.17
343.	36.9	1.845	36.70	0.20
344.	36.9	1.845	36.80	0.10
345.	36.9	1.845	36.86	0.04
346.	36.9	1.845	36.91	0.01
347.	36.9	1.845	36.86	0.04

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021

**Tabla 26-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (L)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
348.	36.9	1.845	36.86	0.04
349.	36.9	1.845	36.84	0.06
350.	36.9	1.845	36.86	0.04
351.	36.9	1.845	36.84	0.06
352.	36.9	1.845	36.86	0.04
353.	36.9	1.845	36.84	0.06
354.	36.9	1.845	36.93	0.03
355.	36.9	1.845	36.86	0.04
356.	36.9	1.845	36.81	0.09
357.	36.9	1.845	36.84	0.06
358.	36.9	1.845	36.80	0.10
359.	36.9	1.845	36.80	0.10
360.	36.9	1.845	36.87	0.03
361.	36.9	1.845	36.99	0.09
362.	36.9	1.845	36.99	0.09
363.	36.9	1.845	36.99	0.09
364.	36.8	1.84	36.81	0.01
365.	36.8	1.84	36.57	0.23
366.	36.8	1.84	36.69	0.11
367.	36.8	1.84	36.70	0.10
368.	36.8	1.84	36.69	0.11
369.	36.8	1.84	36.65	0.15
370.	36.8	1.84	36.64	0.16
371.	36.8	1.84	36.69	0.11
372.	36.8	1.84	36.70	0.10
373.	36.8	1.84	36.72	0.08
374.	36.8	1.84	36.73	0.07
375.	36.8	1.84	36.73	0.07
376.	36.8	1.84	36.75	0.05
377.	36.8	1.84	36.75	0.05
378.	36.8	1.84	36.70	0.10

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 27-3:** Error absoluto del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 con algoritmo de compensación. (M)

N°	Referencia: Berrcom JXB182 (°C)	Precisión: Berrcom JXB182 (5% °C)	Sensor del Prototipo (°C)	Error Absoluto del prototipo (°C)
379.	36.8	1.84	36.98	0.18
380.	36.8	1.84	37.06	0.26
381.	36.8	1.84	37.03	0.23
382.	36.8	1.84	37.25	0.45
383.	36.6	1.83	36.56	0.04
384.	36.6	1.83	36.56	0.04
385.	36.8	1.84	36.95	0.15

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Luego de realizar el respectivo análisis de las mediciones obtenidas en las tablas 15-3 a la 27-3, así como también del error absoluto en cada medición, se determina que en ninguno de estos errores absolutos generados por el prototipo de sistema supera el error del equipo que es utilizado como instrumento patrón, manteniendo de esta manera los niveles de precisión dentro de 5%. A la vez, se concluye que el sensor de temperatura infrarrojo empleado no incluye un nivel error en el sistema.

Para obtener los datos estadísticos descriptivos de la tabla anterior, se hace uso del software estadístico IBM SPSS, el cual es una potente herramienta digital para el campo estadístico con una interfaz y herramientas muy didácticas para el usuario, con una capacidad de procesamiento de hasta 30000 variables al mismo tiempo (Abuin, 2014). De esta manera se encuentra específicamente la información concerniente a la dispersión, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación de las diferentes mediciones de temperatura corporal antes y después de haber sido compensados por el algoritmo de compensación descrito anteriormente. Esta información es detallada en la tabla 28-3 a continuación:

**Tabla 28-3:** Estadísticos descriptivos de las mediciones de temperatura corporal.

Estadísticos Descriptivos	MLX90614	MLX90614
	Con Algoritmo de compensación	Sin Algoritmo de compensación.
Número de pruebas	385	385
Promedio	0.17	5.16
Mediana	0.14	4.45
Min.	0.01	2.77
Máx.	0.52	9.69
Desviación Estándar.	0.14	1.70
Coeficiente de variación (%)	0.83%	0.32%

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede evidenciar en la tabla 28-3, los datos de medición de temperatura corporal sin haber sido procesados por el algoritmo de compensación presentan una dispersión relativamente mayor en las lecturas realizadas, en comparación a la dispersión de las mediciones procesadas por el algoritmo de compensación. Esto representa un problema concerniente a la precisión de las mediciones tomadas por el sensor de temperatura infrarrojo, debido a la calibración de fabricación con la que fue diseñado, por lo que es sumamente importante el uso y empleo del algoritmo de compensación. Al igual que se puede observar los coeficientes de variación, en ambos casos presentan una baja dispersión relativa en las mediciones realizadas, esto ayuda de gran manera a determinar las condiciones que se deben tomar en consideración para el error relativo aproximado.

Ahora, haciendo uso de la media de la tabla 28-3, se procede a calcular los errores absolutos para los dos grupos de datos concernientes a las mediciones de temperatura corporal, para de esta manera obtener una media general del error relativo, estos datos están detallados en la tabla 29-3.

**Tabla 29-3:** Media de error relativo presente en el sensor de temperatura infrarrojo MLX90614.

<b>Error en base a la media</b>	<b>Sin Algoritmo de compensación.</b>	<b>Con algoritmo de compensación</b>
Absoluto	4.45	0.14
Relativo (%)	0.05%	0.05%
Media Error relativo	3.15	0.9

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede observar en la tabla 29-3, se obtiene una media de error relativo del (valor obtenido MER), este valor está dentro del rango planteado, por lo cual se determina que es indispensable el uso de un algoritmo de compensación en las mediciones tomadas referentes a la temperatura corporal para compensar estas mediciones, disminuir el error de medición y mejorar el nivel de precisión del dispositivo, en donde el rango de lectura está acorde al rango de 5% de tolerancia con respecto a las mediciones captadas. También está dentro del rango del instrumento patrón JBX182 con un nivel de precisión de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , por lo cual se cumple con el objetivo de precisión y fiabilidad planteado en capítulos anteriores.

### 3.2 Caracterización del sensor de proximidad óptico

En el presente apartado se desarrolla la validación del sensor de proximidad óptico APDS9960 con el fin de encontrar el error de medición en el mismo. Este es empleado en el prototipo de sistema. Para ello, se emplea un instrumento patrón para evaluar la precisión de medición de este sensor de proximidad, ya que este dispositivo sensor es el encargado de activar la medición automática de temperatura corporal cuando el usuario se encuentra específicamente a 5cm de distancia del sensor de temperatura infrarrojo MLX90614, ya que el mismo capta una medición óptima establecida por el fabricante a esa distancia de medición. Este instrumento patrón es el calibrador manual marca Stanley 78-201, el mismo presenta un alto nivel de precisión empleado en varias actividades de diseño y construcción. Posee una escala de medición de hasta 150mm de largo, y un mínimo de 1mm, con una graduación de 0.0254mm, presenta una graduación en escala de milímetros y pulgadas (FISA, 2020). En la figura 2-3 se evidencia al calibrador tipo Stanley empleado para realizar las respectivas pruebas.



**Figura 2-3:** Elemento Calibrador manual Stanley 78-201.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Así mismo, para determinar el número de muestras a realizar, se emplea la ecuación 1 detallada anteriormente para una población desconocida, por lo cual tanto  $\hat{p}$  como  $\hat{q}$  toman valores de 0.5, y como ambos valores se están multiplicando, el mayor valor posible en este caso es de 0.25 (Triola, 2009).

A continuación, se presentan los valores a considerar en este caso para reemplazar en la ecuación:

- Nivel de confianza: 95%, establecido como uno de los objetivos del prototipo de sistema.
- Valor crítico: 1.96, de acuerdo a la tabla establecida para el valor del nivel de confianza al 95% (Triola, 2009).
- Margen de error máximo: 15%, ya que se considera un procedimiento manual para obtener las mediciones requeridas.

Una vez reemplazados los valores que se obtuvieron en la ecuación 1, se obtiene que es necesario realizar 42.68 muestras, y si se obtiene un valor entero, es necesario 43 muestras. Es decir, para que el sistema en general presente un 95% de confianza con un margen de error máximo de 16 puntos porcentuales verdadero para todas las mediciones tomadas, mediante el uso de un muestreo aleatorio simple, realizar un total de 43 mediciones.

Luego de haber realizado las respectivas mediciones; a continuación, se muestran los datos obtenidos en las tablas 30-3 y 31-3, referentes al instrumento de medición patrón y el sensor de proximidad óptico con un error relativo del 5%. A la vez, también se enlista el error absoluto obtenido en cada medición.

**Tabla 30-3: Error absoluto del sensor de proximidad óptico APDS9960**

N°	Referencia: Stanley 78-201 (cm)	Precisión: Stanley 78-201 (5%) (cm)	Sensor del Prototipo (cm)	Error Absoluto del Prototipo (cm)
1.	5	0.25	4.8	0.2
2.	5	0.25	4.9	0.1
3.	5	0.25	4.8	0.2
4.	5	0.25	4.9	0.1
5.	5	0.25	5.1	0.1
6.	5	0.25	5.0	0.0
7.	5	0.25	5.0	0.0
8.	5	0.25	4.8	0.2
9.	5	0.25	4.9	0.1
10.	5	0.25	4.8	0.2
11.	5	0.25	4.9	0.1
12.	5	0.25	4.9	0.1
13.	5	0.25	4.8	0.2
14.	5	0.25	4.9	0.1
15.	5	0.25	4.8	0.2
16.	5	0.25	5.1	0.1
17.	5	0.25	5.1	0.1
18.	5	0.25	5.2	0.2
19.	5	0.25	5.0	0.0
20.	5	0.25	4.8	0.2
21.	5	0.25	4.9	0.1
22.	5	0.25	4.8	0.2
23.	5	0.25	4.9	0.1
24.	5	0.25	5.1	0.1
25.	5	0.25	4.8	0.2
26.	5	0.25	4.9	0.1
27.	5	0.25	5.1	0.1
28.	5	0.25	5.2	0.2
29.	5	0.25	5.1	0.1

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 31-3: Error absoluto del sensor de proximidad óptico APDS9960**

N°	Referencia: Stanley 78-201 (cm)	Precisión: Stanley 78-201 (5%) (cm)	Sensor del Prototipo (cm)	Error Absoluto del Prototipo (cm)
30.	5	0.25	5.0	0.0
31.	5	0.25	4.9	0.1
32.	5	0.25	4.9	0.1
33.	5	0.25	4.9	0.1
34.	5	0.25	4.9	0.1
35.	5	0.25	4.8	0.2
36.	5	0.25	5.1	0.1
37.	5	0.25	5.1	0.1
38.	5	0.25	4.8	0.2
39.	5	0.25	5.0	0.0
40.	5	0.25	4.8	0.2
41.	5	0.25	4.9	0.1
42.	5	0.25	4.8	0.2
43.	5	0.25	4.9	0.1

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede observar en las tablas 30-3 y 31-3, el error absoluto obtenido por el sensor de proximidad óptico no supera el error relativo que posee el instrumento de medición patrón, lo cual es muy conveniente para este tipo de aplicaciones en la que se requiere una gran precisión. A la vez, se concluye que la calibración y programación desarrollada y diseñada para el sensor APDS9960 en el prototipo de sistema es la correcta, además de cumplir con el objetivo de medición dentro del rango de error relativo planteado anteriormente, y a la vez, no incluye un porcentaje de error en el sistema.

Para obtener los datos estadísticos descriptivos de la tabla 32-3, se hace uso del software estadístico IBM SPSS (Abuin, 2014), para de esta manera encontrar específicamente la información concerniente a la dispersión, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación de las diferentes mediciones de distancia en las que el usuario fue medido su temperatura corporal. Esta información es detallada a continuación:

**Tabla 32-3:** Estadísticos descriptivos de las mediciones de distancia del sensor APDS9960 e instrumento de medición patrón.

<b>Estadísticos Descriptivos</b>	<b>APDS9960</b>
Número de Pruebas	43
Promedio	0.1
Mediana	0
Mín.	0.2
Máx.	0.121
Desviación Estándar.	0.12
Coefficiente de variación (%)	0.97%

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede observar en la tabla 32-3, los datos de medición de proximidad por parte del sensor APDS9960 presentan una dispersión relativamente mayor en las lecturas realizadas, en comparación a la dispersión de las mediciones del instrumento de medición patrón. Esto no representa un problema concerniente a la precisión de las mediciones tomadas por el sensor de proximidad óptico, debido a la calibración de fabricación con la que fue diseñado. El coeficiente de dispersión de igual manera presenta un valor muy normal dentro del rango correcto para el funcionamiento del sensor dentro del prototipo de sistema.

Ahora, haciendo uso de la media de la tabla 32-3, se procede a calcular los errores absolutos para los dos grupos de datos concernientes a las mediciones de proximidad del usuario respecto al sensor de temperatura infrarrojo, para de esta manera obtener una media general del error relativo, estos datos están detallados en la tabla 33-3.

**Tabla 33-3:** Media de error relativo presente en el sensor de proximidad óptico APDS9960.

<b>Error en base a la media</b>	<b>APDS9960</b>
Absoluto (lx)	0.1
Relativo (%)	0.05%
Media error relativo (%)	0.17%

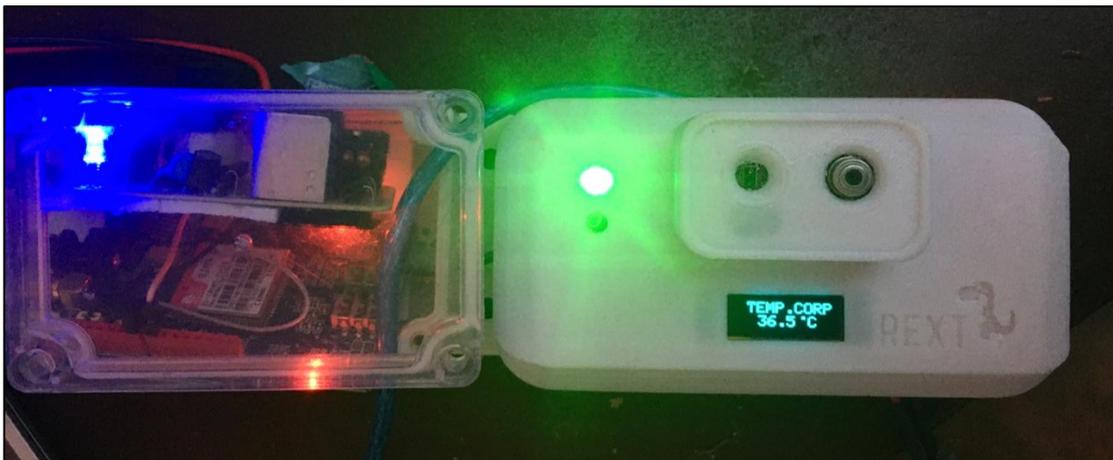
**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede evidenciar en la tabla 33-3, se obtiene una media de error relativo del 0.17 %, este valor está dentro del rango planteado, por lo cual se determina que es indispensable el uso de dispositivos sensores de altas prestaciones, para de esta manera disminuir el error de medición y

mejorar el nivel de precisión del dispositivo, en donde el rango de lectura está acorde al rango de 5% de tolerancia con respecto a las mediciones captadas. También está dentro del rango del instrumento de medición patrón con un nivel de precisión de  $\pm 0.2\text{mm}$ , por lo cual se cumple con el objetivo de precisión y fiabilidad planteado anteriormente.

### 3.3 Distancia de ubicación de los módulos

Para el presente prototipo de sistema, la distancia de ubicación de los módulos es un factor muy importante a tomar en consideración, ya que de esta característica depende la flexibilidad y escalabilidad de todo el sistema. Ahora, el módulo de medición de temperatura corporal y el módulo de conexión inalámbrica y base de datos deben ir obligatoriamente distribuidos uno junto al otro, ya que el MMTC se encarga de medir automáticamente la temperatura corporal, y mediante conexión mediante cable tipo serial esta información es enviada al MCIBD. Esto debido a los problemas de compatibilidad y conexión del dispositivo microcontrolador y la tarjeta de comunicación inalámbrica utilizados. Se empleó otro dispositivo con conexión inalámbrica incluido como es el NodeMCU V3 ESP8266, pero la falta de compatibilidad de las librerías que son necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores de proximidad y temperatura, al igual que no posee puertos establecidos para hacer uso de comunicación I2C, hicieron que no sea posible su uso en estos módulos. El MCIBD es el encargado de subir la información inalámbricamente al servidor de Ubidots en la nube. Esta configuración de ubicación se la puede observar en la figura 3-3:



**Figura 3-3:** Ubicación y distribución de los módulos MMTC y MCIBD

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En cambio, el módulo de control de acceso automático posee una distribución totalmente independiente, ya que el mismo posee autonomía en comunicación inalámbrica, así como también una fuente de alimentación independiente. Este módulo cuenta con el dispositivo NodeMCU V3 el cual se encarga de conectarse automáticamente a la red local para la que fue previamente programado, y de esta manera establece una conexión con la base de datos implementada en la plataforma Ubidots para obtener los datos de medición de temperatura corporal medidos por el MMTC, y en función de esta temperatura habilitar o bloquear el acceso al usuario. Ahora, la capacidad de conexión del dispositivo a la red local depende de la intensidad de señal que proporcione la misma, del protocolo de comunicación que se está empleando, en este caso HTTP, y si se está enviando u obteniendo información.

A continuación, en la figura 4-3, se expone la velocidad de conexión de la red WLAN a la que fue sometido a prueba el MCAA, la cual es medida en el software en línea que dispone la compañía que proporciona servicios de internet y telefonía, la corporación nacional de telecomunicaciones (CNT) llamado Open Speed Test.



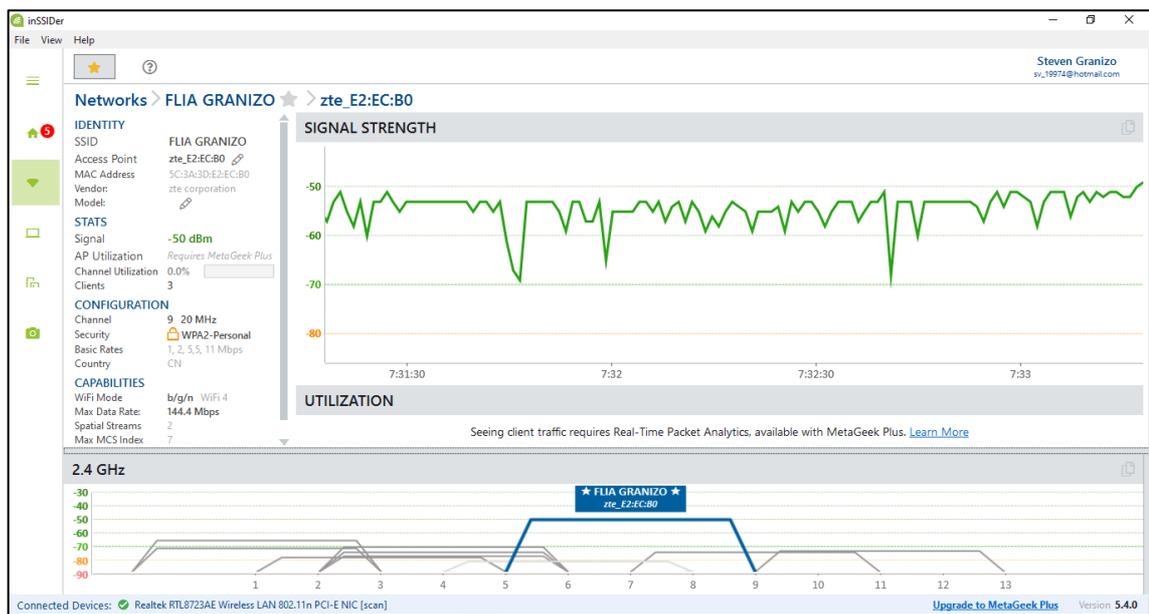
**Figura 4-3:** Velocidad de transmisión y recepción de datos de la red WLAN empleada para la prueba de conexión medida en Open Speed Test.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Al no encontrar una tabla de distancia de conexión del dispositivo NodeMCU V3 proporcionada por el fabricante, se procedió a someterlo a pruebas de conexión variando la distancia de ubicación sin obstáculos entre el MCAA y la red WLAN a la que es conectado. Esta variación se dio con el módulo en funcionamiento y monitoreando la recepción de datos a través de la ventana de comunicación serial del *software* Arduino IDE, así como también haciendo uso del *software* inSSIDer, el cual es una gran herramienta creada por la empresa MetaGeek para hacer análisis de

redes Wifi, permitiendo a su usuario obtener los puntos de acceso, la intensidad de la señal, latencia de comunicación, el ancho de banda, la velocidad máxima de datos, y la seguridad con la que fue configurada la red a ser analizada. También permite escanear una red por medio de la captura de paquetes de datos, para la verificación de conexión de un dispositivo conectado a esta red. Otras de las principales funciones de esta plataforma es el análisis de la tasa de reintentos y la intensidad de señal para de esta manera obtener la calidad de la conexión (MetaGeek, 2019).

La figura 5-3 muestra un análisis completo de la red empleada para el presente estudio, como la intensidad de señal medida en decibeles ( $dB$ ), paquetes de datos, número de clientes conectados en la red, entre otra información.



**Figura 5-3:** Intensidad de señal y calidad de comunicación inalámbrica medida en *software* inSSIDer.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se observa en la figura 5-3, mayor parte de la intensidad de señal de conectividad está dentro del rango de  $-50dB$  a  $-70dB$ , la empresa MetaGeek establece que este rango permite una intensidad de señal mínima para envío y recepción de paquetes de datos de aplicaciones con requerimientos muy confiables y conexión segura (MetaGeek, 2019). Por lo que la red presenta una alta prestación y estabilidad de intensidad de señal inalámbrica, para un correcto envío y recepción de paquetes de datos e información deseada.

Una vez realizado el estudio de distancia monitoreando la conexión del MCAA a la red con la ayuda del software InSSIDer y el puerto serial de Arduino IDE, se obtiene como resultado que la distancia máxima de conexión y recepción de datos del dispositivo NodeMCU V3 ESP8266, encargado de la comunicación inalámbrica de este módulo, es de 15.45 metros.

### 3.4 Confiabilidad y tiempo de respuesta del Prototipo de Sistema

El presente prototipo de sistema posee dentro de sus diversas funciones, la comunicación con la plataforma de base de datos Ubidots.com, para el envío, almacenamiento y descarga de información referente a la temperatura corporal medida al usuario, por lo que se considera necesario estudiar y analizar la confiabilidad y tiempo de respuestas que se obtienen en cada acción cada vez que el sistema se encarga de medir la temperatura corporal al usuario.

Para ello, se consideran los siguientes valores en las diferentes variables a reemplazar para la obtención de la muestra basada en la ecuación 1:

Nivel de confianza: 95%, establecido como uno de los objetivos de prototipo de sistema (Triola, 2009).

Valor crítico establecido para un 95% de nivel de confianza: 1.96 (Triola, 2009).

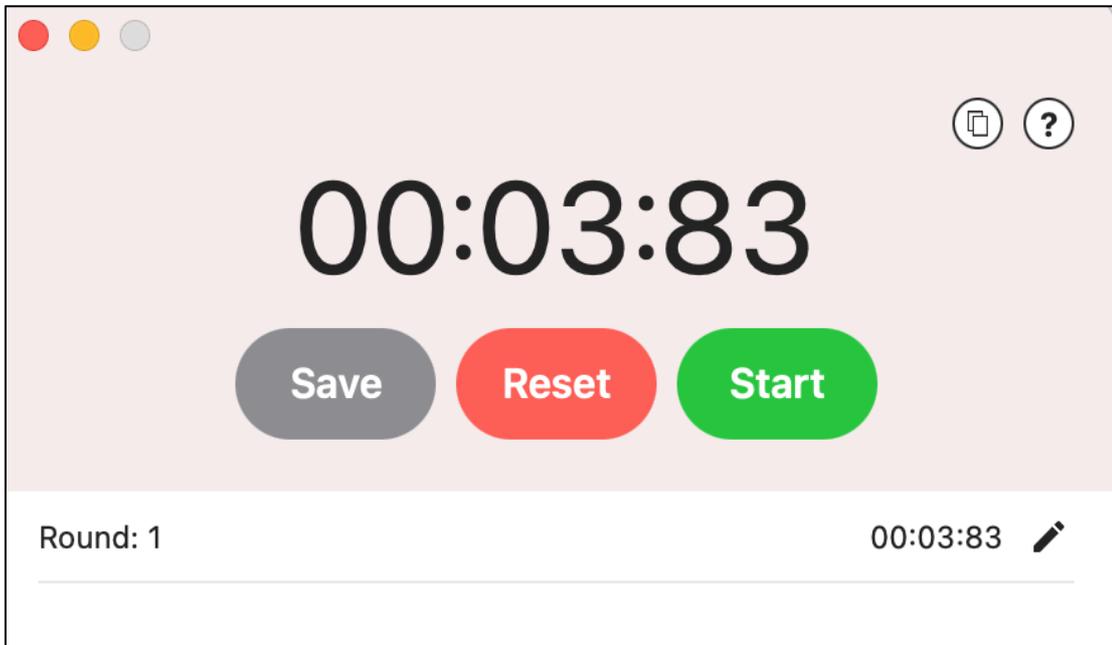
Valor de margen de error máximo: 12%.

Una vez que se reemplaza los valores planteados anteriormente en la ecuación 1, se obtiene la necesidad de realizar 66.69 muestras, el mismo expresado como un valor aproximado resulta en un total de 67 muestras a realizar.

Ahora, es necesario emplear un software que nos permita cronometrar el tiempo de respuesta desde que se capta la temperatura corporal del usuario por parte del MMTC, hasta llegar por medio de comunicación inalámbrica con la base de datos al MCAA, para ello, se empleó el *software* desarrollado por la empresa Stopwatchtimers, llamado cronómetro and timers, la cual está disponible desde el año 2009 en diversas plataformas y versiones según sea la necesidad del usuario. Esta herramienta presenta entre sus principales características una ventana de seguimiento y monitoreo del tiempo con dígitos claros, notificaciones de tiempos transcurridos, notificaciones de tiempos restantes, posee una barra especial de notificaciones para configurarlas según sea el caso, puede recordar hasta los 5 últimos tiempos de cuenta regresiva para hacer uso de esta información de forma rápida y sencilla. Puede medir hasta 99 horas seguidas, se puede emplear múltiples cronómetros y temporizadores a la vez, y dentro de su versión de paga posee su propia base de datos en donde pueden ser almacenados todos los tiempos registrados con esta aplicación (Stopwatchtimers, 2018).

A continuación, en la figura 6-3, se muestra una de las mediciones realizadas en la aplicación Stopwatch and timers, y en las tablas 34-3, 35-3 y 36-3 se enlista todo el registro de tiempos de respuesta que presenta el prototipo de sistema desde que se realiza la medición automática de temperatura corporal por el MMTC, hasta que se habilita o bloquea el acceso al usuario en función

de la temperatura medida por el MCAA, completando de esta manera todas las funciones y tareas programadas para el prototipo de sistema.



**Figura 6-3:** Registro de tiempo de respuesta del Prototipo de Sistema en Stopwatch and Timer.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 34-3:** Registro de tiempos de respuesta del Prototipo de Sistema (A)

<b>N</b>	<b>Hora de registro</b>	<b>Tiempo de respuesta (ms)</b>
1	18:41:57	3.700
2	18:42:57	3.800
3	18:43:57	3.800
4	18:44:57	3.600
5	18:45:57	4.100
6	18:46:57	4.100
7	18:47:57	3.800
8	18:48:57	3.800
9	18:49:57	3.800
10	18:50:57	3.900
11	18:51:57	3.800
12	18:52:57	3.900
13	18:53:57	3.800
14	18:54:57	3.700
15	18:55:57	3.700
16	18:56:57	3.800
17	18:59:59	3.800
18	19:00:57	3.800
19	19:01:57	3.900
20	19:02:57	3.800
21	19:03:57	3.700
22	19:04:57	3.800
23	19:05:57	3.800
24	19:06:57	3.600
25	19:07:57	4.100
26	19:08:57	4.100
27	19:09:57	3.800
28	19:10:57	3.800
29	19:11:57	3.800
30	19:12:57	3.900
31	19:13:57	3.800

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 35-3:** Registro de tiempos de respuesta del Prototipo de Sistema (B)

N	Hora de registro	Tiempo de respuesta (ms)
32	18:41:57	3.800
33	18:42:57	3.800
34	18:43:57	3.600
35	18:44:57	4.100
36	18:45:57	4.100
37	18:46:57	3.800
38	18:47:57	3.800
39	18:48:57	3.800
40	18:49:57	3.900
41	18:50:57	3.800
42	18:51:57	3.900
43	18:52:57	3.800
44	18:53:57	3.700
45	18:54:57	3.700
46	18:55:57	3.800
47	18:56:57	3.800
48	18:59:59	3.800
49	19:00:57	3.900
50	19:01:57	3.800
51	19:02:57	3.700
52	19:03:57	3.800
53	19:04:57	3.800
54	19:05:57	3.600
55	19:06:57	4.100
56	19:07:57	4.100
57	19:08:57	3.800
58	19:09:57	3.800
59	19:10:57	3.800
60	19:11:57	3.900
61	19:12:57	3.800
62	19:13:57	3.900

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 36-3:** Registro de tiempos de respuesta del Prototipo de Sistema (C)

<b>N</b>	<b>Hora de registro</b>	<b>Tiempo de respuesta (ms)</b>
63	18:41:57	3.800
64	18:42:57	3.700
65	18:43:57	3.800
66	18:44:57	3.800
67	18:45:57	3.600

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Luego de haber analizado los tiempos de respuesta del prototipo de sistema detallados en las tablas 34-3, 35-3 y 36-3, se procedió a obtener el promedio de estas mediciones de tiempo para estimar el tiempo de respuesta general de todo el sistema con la ayuda del software estadístico IBM SPSS (Abuin, 2014), siendo el mismo de 3.875 segundos. Cabe recalcar que tiempo inicial obtenido en las primeras mediciones es de 40.15 segundos, por lo cual se procedió a realizar todas las modificaciones de programación necesarias para obtener un tiempo de respuesta menor, siendo este 3.785 segundos, tiempo que toma el sistema en cumplir sus funciones desde la medición de la temperatura corporal, el envío de la información a la base de datos en la plataforma de Ubidots, la obtención de las mediciones de temperatura corporal, para que en función de estas habilitar o bloquear el acceso al usuario. Todas las funciones nombradas se ejecutan de manera automática, sin la intervención de un operador. No existe un prototipo de sistema o dispositivo similar en el mercado que cumpla con estos requerimientos de medir automáticamente la temperatura corporal, y en función de esta variable, habilitar o bloquear un acceso, por lo que no es posible realizar una comparación de tiempo de respuesta.

### **3.5 Transferencia de paquetes de datos y estabilidad del sistema**

Para realizar el análisis de transferencia de datos del prototipo de sistema hacia la base de datos en la plataforma de Ubidots, se realizó el registro de 67 mediciones de temperatura corporal a diferentes usuarios en un periodo de 24 horas, en función de la temperatura medida se encuentra la habilitación o bloqueo del acceso automático de los usuarios. Esto se realiza con la finalidad de estudiar el comportamiento del sistema en función de comunicaciones físicas e inalámbricas. Estos datos medidos se almacenan en la base de datos desarrollada en la plataforma de Ubidots, los cuales es posible su visualización en la figura 7-3, dentro de la misma imagen, se puede apreciar que esta plataforma de base de datos permite conocer, monitorear y supervisar tanto las mediciones de temperatura corporal, la hora a la que fue realizada la medición y el lugar de la lectura.

FECHA	VALOR	CONTEXTO	ACTIONS
2021-01-26 18:21:09 -05:00	36.4	0	■
2021-01-26 18:18:41 -05:00	36.5	0	■
2021-01-26 18:17:59 -05:00	36.5	0	■
2021-01-26 18:17:22 -05:00	36.5	0	■
2021-01-26 18:16:22 -05:00	36.5	0	■
2021-01-26 18:14:41 -05:00	36.5	0	■
2021-01-26 18:13:37 -05:00	36.2	0	■
2021-01-26 18:13:00 -05:00	36.4	0	■
2021-01-15 16:52:01 -05:00	36.4	0	■
2021-01-15 16:45:47 -05:00	36.5	0	■
2021-01-15 16:22:41 -05:00	36.4	0	■
2021-01-15 16:16:57 -05:00	36.4	0	■
2021-01-15 16:13:50 -05:00	36.5	0	■
2021-01-15 16:11:10 -05:00	36.5	0	■
2021-01-15 16:09:54 -05:00	36.4	0	■
2021-01-15 16:08:09 -05:00	36.4	0	■
2021-01-15 16:06:35 -05:00	36.4	0	■
2021-01-15 16:05:07 -05:00	36.4	0	■

**Figura 7-3:** Mediciones de temperatura corporal registradas en Ubidots.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, en la figura 8-3, se puede observar todas las acciones que son procesadas y cumplidas en el módulo de medición de temperatura corporal durante la captura de medición de temperatura corporal al usuario mediante la ventana de puerto serie de Arduino IDE.



**Figura 8-3:** Monitoreo de medición de temperatura corporal en Arduino IDE.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En la figura 9-3 se puede observar la ejecución y cumplimiento de todas las acciones concernientes a la transferencia de información del módulo de comunicación inalámbrica y base

de datos a la plataforma de Ubidots, esto se lo monitorea de igual manera a través de la ventana de puerto serie de Arduino IDE, estas acciones inician desde la conexión de la red GSM, establecimiento de conexión con la base de datos, y el correcto envío de información a la misma.

```

COM5
OK
CONNECT OKAT+CIPSEND
POST /api/v1.6/variables/5ffcod941d8472494649e417/values HTTP/1.1
Content-Type: application/json
Content-Length: 4
X-Auth-Token: BBFF-v4iosq2hiBfIjjkkg4HyEtx5V1aZGL
Host: things.ubidots.com

36.0

SEND OK
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx
Date: Mon, 01 Feb
AT+CIPCLOSE

CLOSE OK
  
```

**Figura 9-3:** Monitoreo de envío de datos hacia la plataforma Ubidots en Arduino IDE.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

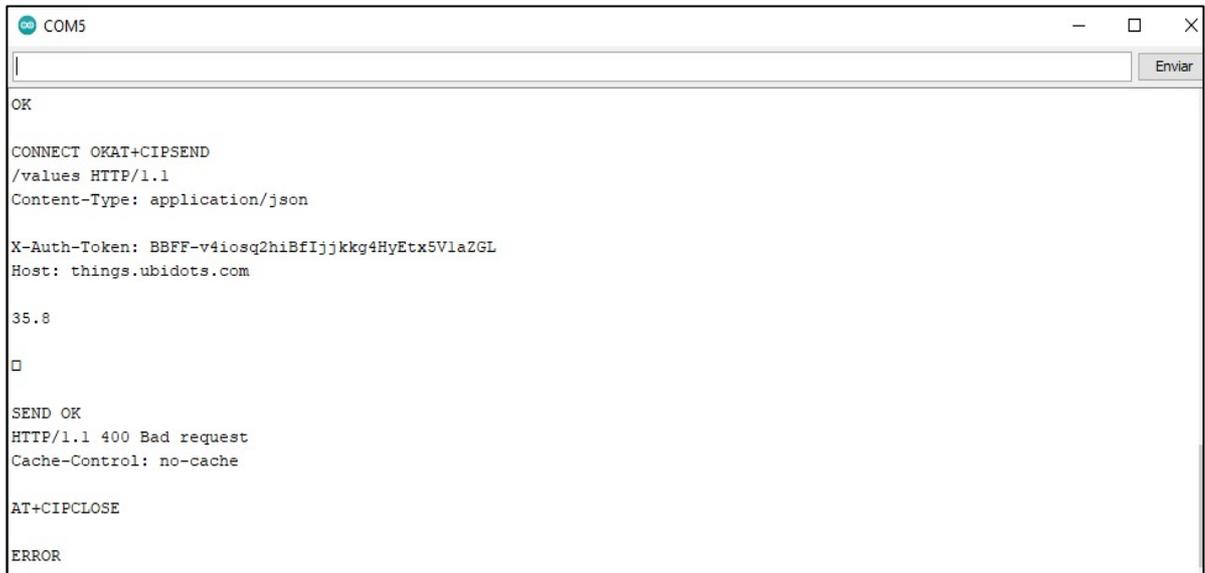
De igual manera en la base de datos realizada en Ubidots también permite conocer cuando una nueva medición de temperatura corporal ha sido enviada y registrada exitosamente en la misma, ya que esta herramienta genera una pequeña pestaña, presentando el mensaje de que se ha añadido exitosamente nueva información, esta acción se lo puede observar en la figura 10-3.

FECHA	VALOR	CONTEXTO	ACTIONS
<b>New data available</b>			
2021-02-01 19:02:32 -05:00	36.4	📶	🗑️
2021-02-01 18:59:55 -05:00	36.0	📶	🗑️
2021-02-01 18:36:28 -05:00	36.5	📶	🗑️
2021-02-01 18:34:32 -05:00	36.4	📶	🗑️
2021-02-01 18:31:32 -05:00	36.5	📶	🗑️

**Figura 10-3:** Monitoreo de envío exitoso de datos en la plataforma Ubidots.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En caso de que el paquete con la información de temperatura medida por el MMTC no pueda ser enviada por el MCIBD, se genera un mensaje de alerta, el cual advierte al supervisor del sistema que la última medición captada no pudo ser enviada y registrada en la base de datos, eso se muestra en la figura 11-3, la cual puede ser visualizada en la ventana serial de Arduino IDE:



```
COM5
OK
CONNECT OKAT+CIPSEND
/values HTTP/1.1
Content-Type: application/json

X-Auth-Token: BBFF-v4iosq2hiBfIjjkkg4HyEtx5VlaZGL
Host: things.ubidots.com

35.8

SEND OK
HTTP/1.1 400 Bad request
Cache-Control: no-cache

AT+CIPCLOSE
ERROR
```

**Figura 11-3:** Monitoreo de alerta en envío de datos hacia Ubidots en Arduino IDE.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, en cuanto a la obtención de información desde la base de datos desarrollada en Ubidots, el módulo encargado de desempeñar esta acción es el módulo de control de acceso automático, el cual por medio del dispositivo NodeMCU V3, que posee la capacidad de conexión inalámbrica vía WLAN, obtiene la información de temperatura corporal registrada en la base de datos, y en función de esta información, se habilita o bloquea el acceso al usuario. Si la temperatura corporal del usuario se encuentra dentro del rango normal, es decir, desde los 36°C hasta los 37.3°C, el acceso se habilita automáticamente al usuario para que el mismo pueda acceder, esta acción puede ser monitoreada a través de la ventana de puerto serie de Arduino IDE como se observa en la figura 12-3:



**Figura 12-3:** Monitoreo de habilitación de acceso automático al usuario en Arduino IDE.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En caso de que la temperatura medida al usuario sea mayor a 37.3°C, se la considera elevada y con posibilidad de presentar un cuadro febril, por lo cual se mantiene bloqueado el acceso al usuario con el fin de precautelar el bienestar general. En caso de que el acceso sea bloqueado por presentar una temperatura elevada, esta acción puede ser monitoreada de igual manera mediante la ventana de puerto serie de Arduino IDE como se ilustra en la figura 13-3:



**Figura 13-3:** Monitoreo de bloqueo de acceso automático al usuario en Arduino IDE.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, cabe recalcar que antes de realizar el registro de los errores que se pueden dar en el sistema en el transcurso de un periodo de pruebas, se realizó la consideración de poner a prueba todos los mensajes y reportes que se envían a través de la red y mostrarse de manera ordenada en la base de datos para su monitoreo y supervisión de los datos de temperatura corporal adquiridos. En la tabla 37-3 se enlistan los posibles errores que se pueden presentar en el prototipo de sistema cuando se encuentra activo. En este caso, para que los datos puedan ser claros y cuantificables, se hizo uso de la intervención humana para generar las fallas necesarias en el sistema, con un total de 335 pruebas divididas en 5 tipos de errores que se pueden presentar cada una de ellas con 67 pruebas, las cuales deben ser reportadas y monitoreadas por el mismo sistema.

**Tabla 37-3:** Transferencia de paquetes de datos con respecto a errores del sistema y alertas.

Errores suscitados en el prototipo de Sistema	Reporte al Módulo de medición de temperatura corporal		Monitoreo de errores del sistema	
	Exitoso	Fallido	Exitoso	Fallido
El módulo de conexión inalámbrica y base de datos se apagó repentinamente	67	0	67	0
No fue posible enviar la temperatura corporal a la base de datos	67	0	67	0
No fue posible obtener la información de la temperatura corporal desde la base de datos	66	1	66	0
Acceso automático del usuario no permitido	66	1	66	0
La puerta no ha sido cerrada luego de la habilitación	67	0	67	0
<b>Total de pruebas</b>	<b>333</b>	<b>2</b>	<b>333</b>	<b>0</b>

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Cuando se realizó la prueba de todo el prototipo de sistema, de igual manera se obtuvo como resultado datos de tipo cuantificables asociados al cumplimiento de las diversas funciones y objetivos del mismo, como la medición automática de la temperatura corporal, el envío de la información a la base de datos en Ubidots, y la obtención de esta información para la habilitación o bloqueo del acceso para el usuario. En la tabla 38-3 se evidencian estos resultados con un total 536 paquetes de datos realizados y transmitidos.

**Tabla 38-3:** Transferencia de paquetes de datos generados por el prototipo de sistema.

<b>Actividades ejecutadas</b>	<b>Ejecuciones exitosas</b>	<b>Ejecuciones fallidas</b>
Medición automática de la temperatura corporal	67	0
Medición de temperatura corporal en función a la distancia establecida	67	0
Visualización de temperatura corporal medida en pantalla Oled	67	0
Envío y registro de la temperatura corporal medida en base de datos en Ubidots.	66	1
Alertas sonoras y visuales al momento de la medición de temperatura corporal.	67	0
Monitoreo de las diferentes mediciones de temperatura corporal registradas en base de datos en Ubidots	66	1
Obtención de temperatura corporal por el módulo de control de acceso de automático desde la base de datos en Ubidots	66	1
Control eficiente de acceso en función de la temperatura corporal medida	66	1

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Una vez que se tiene la información plasmada en las tablas 37-3 y 38-3, se puede concluir que el sistema presenta un alto grado de estabilidad y precisión, cercano al 100%, lo cual es ideal para este tipo de prototipo de sistema, A la vez, se decidió que la mejor opción es agrupar los datos en función a la conexión establecida, por lo que se clasifica los datos en: comunicación entre módulos MMTC y MCIBD, caracterización del módulo de comunicación inalámbrica y base de datos, y conexión entre módulos y base de datos.

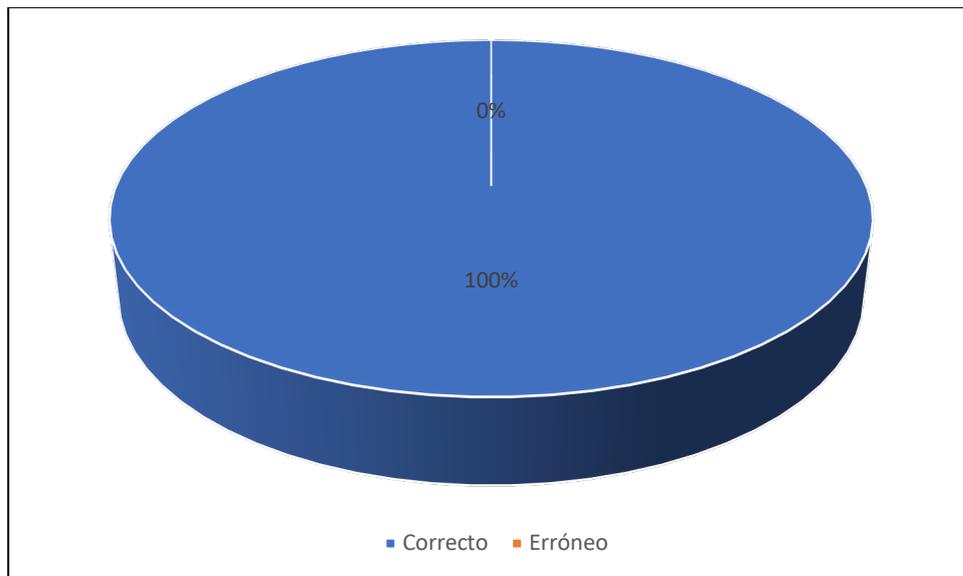
### **3.5.1 Comunicación entre módulos MMTC y MCIBD**

Los datos de las mediciones de temperatura corporal obtenidos y medidos por el MMTC, son enviados mediante conexión serial al MCIBD, para que este último se encargue de enviar los datos de la temperatura corporal a la base de datos desarrollados a la base de datos en Ubidots. La tabla 39-3 contiene información concerniente a la eficacia de transferencia de los datos de un módulo a otro, al igual que la gráfica 1-3, muestra el porcentaje de eficacia en el envío de paquetes de datos entre los módulos descritos anteriormente.

**Tabla 39-3:** Comunicación entre módulos MMTC y MCIBD.

Actividad realizada	Correcto	Erróneo
Envío de información de temperatura corporal medido del MMTC al MCIBD	67	0
Confirmación de llegada de paquete de datos al MCIBD	67	0
<b>Total</b>	134	0

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.



**Gráfica 1-3:** Gráfica circular de comunicación entre módulos MMTC y MCIBD

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

En la gráfica 1-3 se demuestra que la comunicación entre los módulos MMTC y MCIBD tiene un porcentaje de eficacia del 100%, al igual que un alto grado de estabilidad, lo cual es ideal para este tipo de prototipo de sistema.

### 3.5.2 Caracterización del módulo de comunicación inalámbrica y base de datos

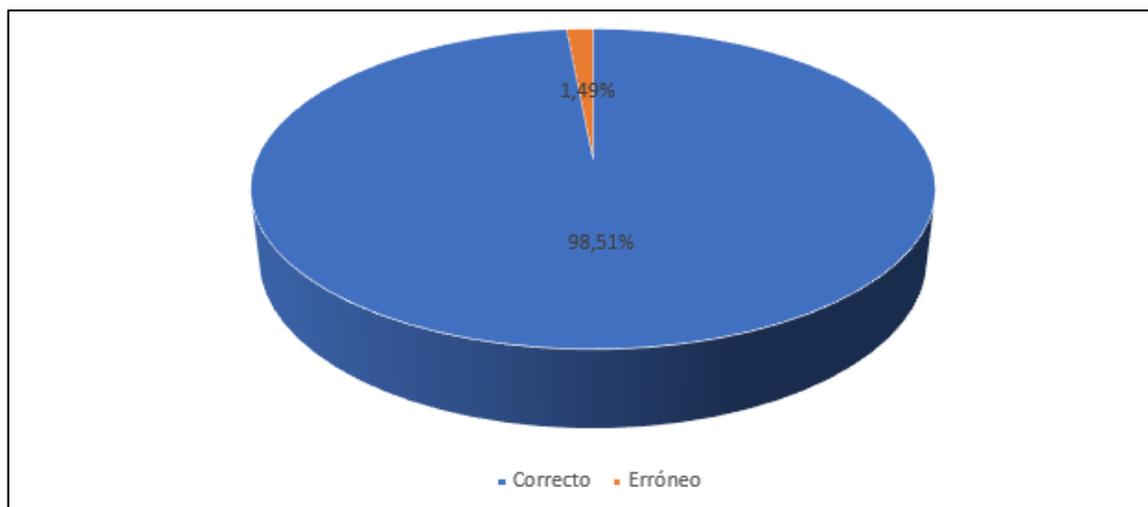
Este módulo es el encargado de recibir los paquetes de datos desde el MMTC concernientes a la temperatura corporal medida a los usuarios, una vez que obtiene estos datos envía los mismos mediante conexión inalámbrica tipo GSM a la base de datos desarrollada en la plataforma de Ubidots para que puedan ser registrados y monitoreados al instante. La tabla 40-3 contiene información cuantificable acerca de las diversas funciones que cumple este módulo, a la vez,

contiene la cantidad de datos enviados exitosamente y los que no pudieron ser enviados. La gráfica 2-3 describe la eficacia en la caracterización del MCIBD.

**Tabla 40-3:** Comunicación entre módulo MCIBD y base de datos en Ubidots.

Actividad realizada	Correcto	Erróneo
Envío de paquetes de datos de temperatura corporal a la base de datos en Ubidots	66	1
Registro de datos en Ubidots para análisis y monitoreo de información	66	1
<b>Total</b>	132	2

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.



**Gráfica 2-3:** Gráfica circular de comunicación entre módulo MCIBD y base de datos en Ubidots

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Después de analizar la gráfica 2-3, se puede concluir que el nivel de eficacia que presenta en módulo de comunicación inalámbrica y base de datos es de 98.51% al igual que una alta estabilidad, lo cual es ideal en este tipo de prototipo de sistema, en donde se requiere un elevado nivel de precisión y eficacia.

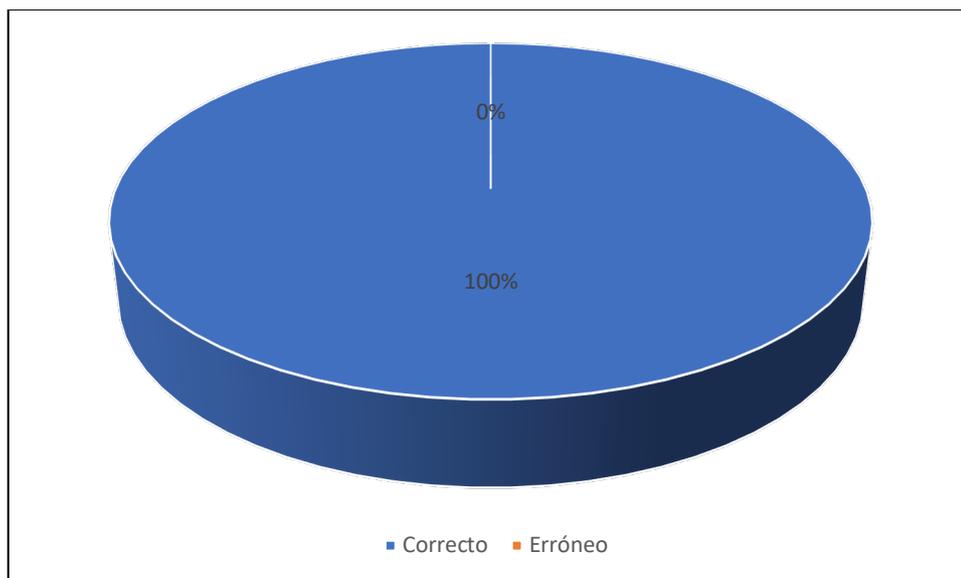
### 3.5.3 Conexión entre módulo de control de acceso automático y base de datos

El MCAA es el encargado de obtener la información concerniente a las mediciones de temperatura corporal obtenidas por el MMTC, y luego que obtiene estos datos, en función de los mismo se encarga de habilitar o bloquear el acceso al usuario. La tabla 41-3, contiene información de tipo cuantificable a cerca de las diversas funciones que cumple este módulo, cuáles de ellos se ejecutaron de manera exitosa, y los que presentaron un error en su ejecución. A la vez, también contiene información acerca de los datos recibidos exitosamente y los que no pudieron llegar a este módulo. La gráfica 3-3, describe la eficacia y estabilidad del MCAA.

**Tabla 41-3:** Caracterización y comunicación del MCAA con base de datos en Ubidots.

Actividades realizadas	Correcto	Erróneo
Obtención de paquetes de datos de temperatura corporal desde la base de datos en Ubidots.	67	0
Visualización de datos obtenidos desde la base de datos en el MCAA	67	0
Habilitación de acceso automático en función de la temperatura corporal del usuario	67	0
Bloqueo de acceso automático en función de la temperatura corporal del usuario	67	0
<b>Total</b>	<b>268</b>	<b>0</b>

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.



**Gráfica 3-3:** Gráfica circular de comunicación entre módulo MCAA y base de datos en Ubidots

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Analizando los datos que refleja la gráfica 3-3, se puede concluir que el nivel de eficacia que presenta el MCAA con respecto a su funcionalidad y conexión con la base de datos en Ubidots es del 100%, lo cual es deseado para el correcto funcionamiento de este prototipo de sistema, al igual que se comprueba que dicho módulo presenta un alto grado de estabilidad en el cumplimiento de sus funciones.

### 3.6 Escalabilidad de la base de datos en Ubidots

Este factor depende directamente del tipo de tecnología a emplear, así como también de las diversas prestaciones que se desean alcanzar con respecto a la base de datos desarrollada en Ubidots, con el objetivo de aumentar almacenamiento y funciones en el mismo. Partiendo de esta idea, se buscó la opción de ampliación de la capacidad de la base de datos de acceso remoto una vez concluido el trabajo. En la tabla 42-3 se expone los datos e información que contiene la data base desarrollada en Ubidots, en donde se compara la capacidad de almacenamiento consumido, con la capacidad máxima que presenta esta plataforma en su versión gratuita.

**Tabla 42-3:** Almacenamiento y capacidad de la Data Base en Ubidots.

<b>Almacenamiento y capacidad en Ubidots</b>			
<b>Herramientas desarrolladas</b>	<b>Datos</b>	<b>Capacidad Ocupada</b>	<b>Capacidad Máxima Versión Gratuita</b>
Realtime Database	250 tags de mediciones de temperatura corporal, hora y lugar de medición, 2 gráficos estadísticos de la variable temperatura	250 tags de memoria	30000 tags de memoria al mes
Dispositivos monitorear	Dispositivo GSM para registro de temperatura corporal, NodeMCU V3 ESP8266	2 dispositivos	50 dispositivos
Panel de control (Dashboard)	Panel de control y monitoreo de prototipo de sistema	1 panel	15 paneles

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Luego de analizar la tabla 42-3, se puede analizar la siguiente información:

- Según la información otorgada por la plataforma de Ubidots, la capacidad de almacenamiento de la misma en su versión gratuita no viene dada por tamaño de espacio de memoria (MB), sino que su capacidad de almacenamiento viene dada en número de tags límite de información concerniente a variables que pueden ser configuradas dentro de la misma. Actualmente se almacena 250 tags en esta Data Base registrados en un periodo de 7 días, que representa el 0.83% de la capacidad total, si se estima un consumo promedio de 250 tags en la semana, en un mes se ocuparía un total de 1000 tags, lo cual ocuparía un 3.33% de la capacidad total de la base de datos.
- En un caso particular, en donde el prototipo de sistema opere los 365 días del año, tomando en cuenta la consideración anterior, se tendría un total de 12000 tags registradas y ocupadas, el cual comparada con la capacidad máxima que presenta en Realtime Database, el cual es de 30000 tags al mes en su versión gratuita, representa un 40% de la capacidad total que ofrece esta plataforma de un mes, y un 3.33% de su capacidad total anual.
- También se puede deducir que se puede utilizar hasta 25 prototipos de sistema en una sola base de datos desarrollada en Ubidots en función del límite de dispositivos a conectar en la misma. Lo cual no resulta conveniente, ya que cada uno de ellos registrará tags de temperatura, y el almacenamiento en Realtime Database será ocupado en su totalidad en un corto periodo de tiempo. Es importante aclarar que se puede monitorear hasta 15 de estos prototipos de sistema a la vez dentro de los límites de paneles (Dashboards) en la versión gratuita.

Las principales limitaciones que presenta esta plataforma en función al tráfico de datos son los siguientes:

- Permite hasta un límite máximo de 50 conexiones simultáneas en la base de datos. Es decir, se puede registrar datos de hasta 50 sensores en la Data Base en su versión gratuita.
- Permite hasta 30000 tags/mes de almacenamiento de información en la Realtime Database.

### **3.7 Consumo energético de Prototipo de Sistema**

Esta sección consiste en analizar y verificar el nivel de consumo eléctrico que presenta el prototipo de sistema puesto en funcionamiento, esta acción es de suma importancia, ya que uno de los objetivos planteados para el presente sistema, es que el mismo posea un bajo consumo energético. Para cumplir con este apartado se hace uso de un multímetro digital de altas prestaciones de marca Proskit MT1233C, el cual se observa en la figura 14-3. Este dispositivo de medición dentro de

sus especificaciones técnicas en cuanto a voltaje continuo de  $\pm (1.0 + 3 \text{ dígitos})$ , en voltaje alterno presenta una precisión de  $\pm (1.2 + 5 \text{ dígitos})$ , en función a la corriente continua presenta una precisión de  $\pm (1.2 + 5 \text{ dígitos})$ , y en corriente alterna  $\pm (1.3 + 5 \text{ dígitos})$  (Proskit, 2013).



**Figura 14-3:** Multímetro digital Proskit MT1233C

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

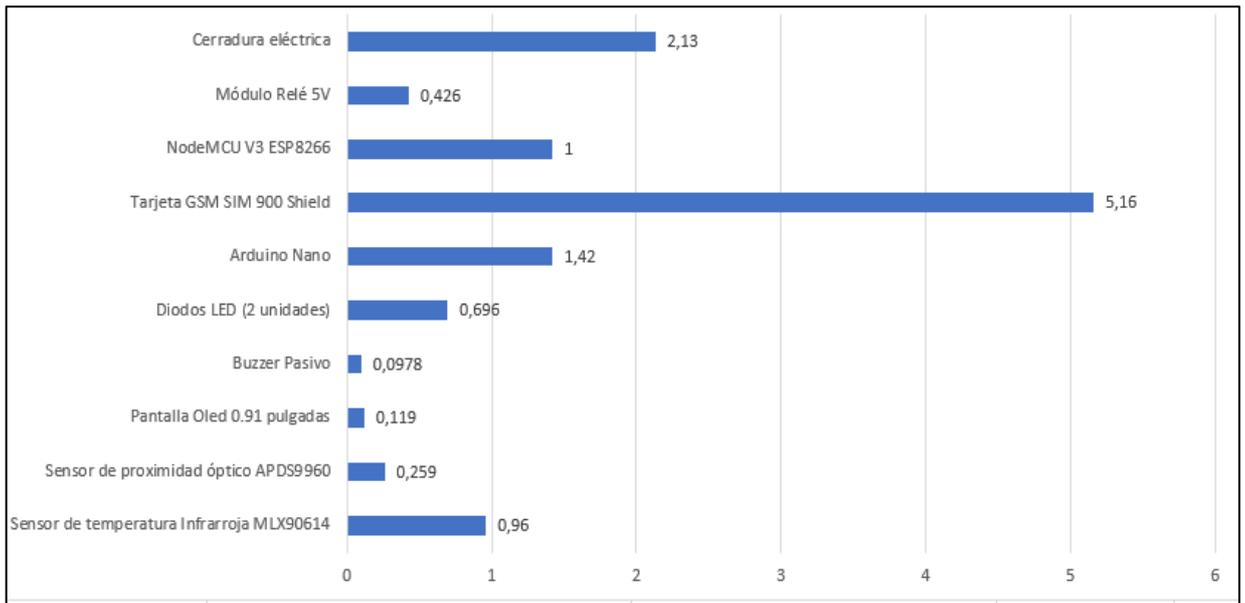
En la tabla 43-3 se encuentran todas las mediciones de voltaje y corriente que fueron efectuadas en los terminales de las fuentes de alimentación continuos diseñados para cada uno de los módulos de prototipo de sistema. Al multiplicar estas dos magnitudes, se obtiene la Potencia Activa que están inyectando las mismas fuentes de energía eléctrica. Ahora, para determinar el consumo eléctrico se debe realizar el cálculo respectivo para obtener el consumo en una unidad de tiempo, en este caso particular de vatios/hora (Wh). Se debe tener en consideración que no todos los dispositivos y elementos empleados para la construcción de los módulos de prototipo de sistema se encuentran activos durante la unidad de tiempo establecida, en este caso, la unidad hora (h), por lo cual se debe realizar de igual manera el análisis porcentual correspondiente al tiempo total en donde se encuentra activo cada elemento del sistema.

**Tabla 43-3:** Potencia consumida del Prototipo de Sistema.

N	Dispositivo/Equipo	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)	Actividad por hora	Potencia Consumida 1h (Wh)
1	Sensor de temperatura Infrarroja MLX90614	5.0	1.92	0.96	100%	0.96
2	Sensor de proximidad óptico APDS9960	3.33	0.78	0.259	100%	0.259
3	Pantalla Oled 0.91 pulgadas	3.33	36	0.119	100%	0.119
4	Buzzer Pasivo	5.12	32	0.163	60%	0.0978
5	Diodos LED (2 unidades)	5.12	114	0.58	60%	0.696
6	Arduino Nano	5.12	279	1.42	100%	1.42
7	Tarjeta GSM SIM 900 Shield	9.1	568	5.16	100%	5.16
8	NodeMCU V3 ESP8266	5.12	221.3	1,128	100%	1.128
9	Módulo Relé 5V	5.12	167.1	0.852	50%	0.426
10	Cerradura eléctrica	12.2	350	4.27	50%	2.13
11	Total					12.396

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Ahora, para apreciar de mejor manera la comparación entre los diferentes consumos de vatios-hora de cada dispositivo electrónico empleado en el prototipo de sistema, en el gráfico 4-3, se muestra los diferentes niveles de consumo energético medidos en (Wh). Como se aprecia, la Tarjeta GSM SIM 900 es el elemento que presenta el más alto consumo de vatios-hora, consumiendo 5.16Wh, esto justificadamente, ya que el módulo de comunicación inalámbrica y base de datos necesita estar siempre activo para obtener un alto nivel precisión y un correcto tiempo de respuesta. En cambio, el elemento que consume menos potencia en cada hora es el buzzer pasivo, ya que el mismo sólo entra en funcionamiento cuando se mide la temperatura al usuario, consumiendo tan sólo 0.0978Wh.



**Gráfica 4-3:** Potencia consumida por el Prototipo de Sistema en 1 hora (Wh)

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

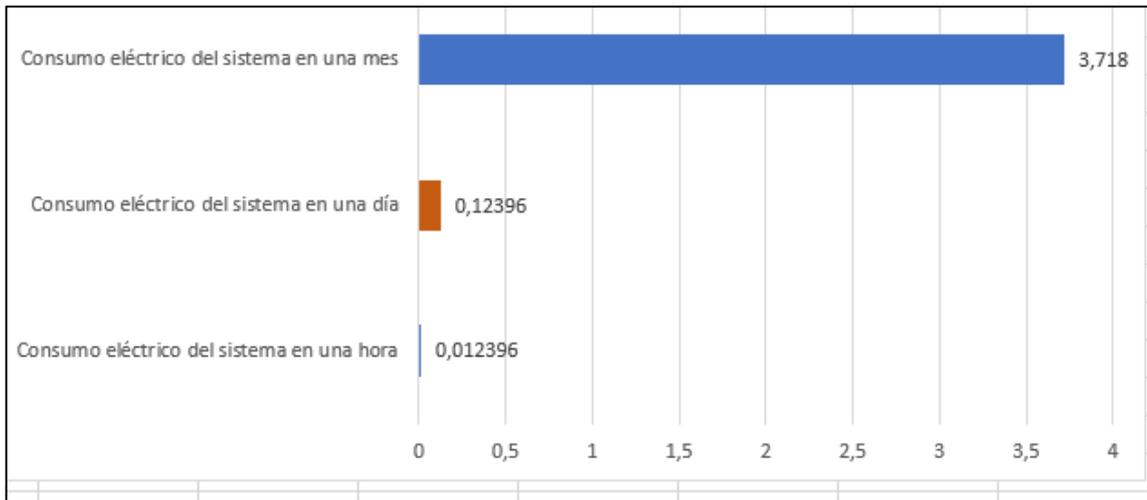
Como es de conocimiento general, la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), realizan el cobro y facturación del consumo eléctrico en la unidad de kilo vatios-hora (KWh) consumidos por el usuario, por lo cual es necesario saber el consumo total de energía eléctrica del prototipo de sistema en esta unidad.

Para realizar este cálculo, se toma en cuenta el horario de apertura de los locales comerciales en la ciudad de Riobamba, el cual es desde la 09:00am hasta las 19:00pm, haciendo un total de 10 horas en las que el prototipo de sistema puede estar en funcionamiento en un día. Si el consumo de todo el sistema en una hora es de 12.396Wh, entonces se obtienen los siguientes resultados detallados en la tabla 44-3, al igual que en la gráfica 5-3 se detalla el consumo total del prototipo de sistema expresado en kilo vatios-hora (KWh).

**Tabla 44-3:** Consumo eléctrico de Prototipo de Sistema

Horario	Potencia consumida en 1 hora (Wh)	Tiempo de actividad del sistema (h)	Consumo diario (Wh)	Consumo mensual (KWh)
09:00 a 19:00	12.396	10 horas	123.96	3.718

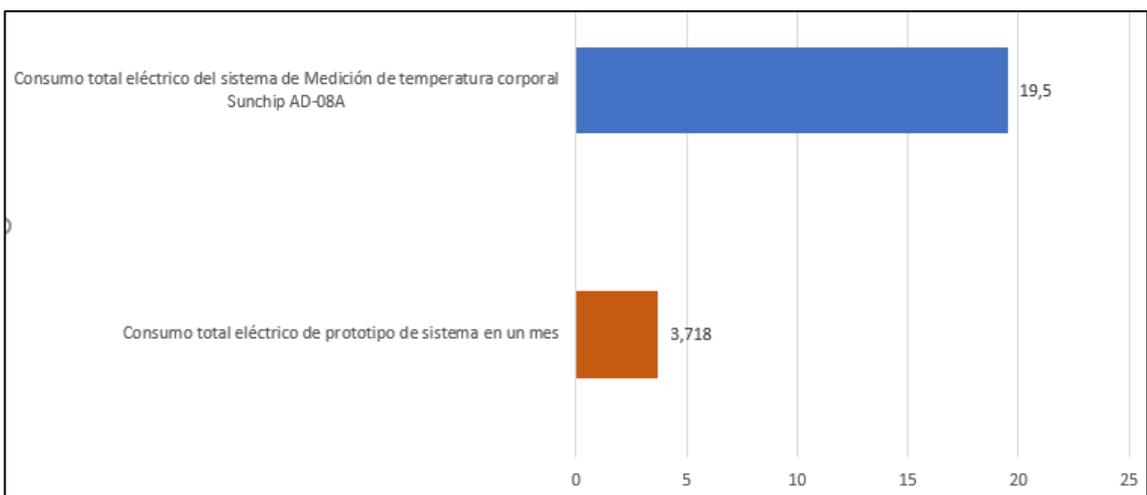
Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.



**Gráfica 5-3:** Consumo total eléctrico del prototipo de sistema (KWh).

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede observar en la gráfica 5-3, el consumo total eléctrico del prototipo de sistema es claramente bajo, con un consumo mensual de 3.718KWh. Si realizamos una comparación con el sistema de medición de temperatura corporal Sunchip AD-08A, el cual posee un consumo eléctrico nominal de 65Wh, con el mismo tiempo de funcionamiento al día, es decir 10 horas, se tiene que el consumo mensual de este sistema es de 19.50KWh, en donde se puede concluir que el sistema posee un consumo energético mucho menor al de un sistema de medición de temperatura corporal mediante visión artificial, representando un 19.066% del consumo del antes nombrado, demostrando una eficiencia energética muy alta. Esta comparativa se la puede observar en la gráfica 6-3 evidenciando claramente el bajo consumo energético del prototipo de sistema.



**Gráfica 6-3:** Comparativa del consumo total eléctrico del prototipo de sistema y el sistema de medición de temperatura corporal Sunchip AD-08A (KWh).

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

## CAPITULO IV

### 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En esta sección se muestra el estudio relacionado al presupuesto estimado referencial de todo el prototipo de sistema, con el objetivo de compararlo con otros sistemas similares en el mercado en la actualidad, para de esta manera determinar su viabilidad y recursos de competencias con estos sistemas.

#### 4.1 Presupuesto del Prototipo de Sistema

En la tabla 1-4 se expone todos y cada uno de los costos de los dispositivos y elementos que forman parte del prototipo de sistema, para ello, se procede a detallar estos costos dividiendo al sistema en módulos, componentes, la cantidad, precio unitario y precio total.

**Tabla 1-4:** Costo total de Prototipo de Sistema.

<b>Módulo</b>	<b>Dispositivos y Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (\$)</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
MMTC	Sensor de temperatura Infrarroja MLX90614	1	32.00	32.00
	Sensor de proximidad óptico APDS9960	1	22.50	22.50
	Pantalla Oled 0.91 pulgadas	1	14.00	14.00
	Buzzer Pasivo	1	1.50	1.50
	Diodos LED	2	0.20	0.40
	Arduino Nano	1	12.50	12.50
	Cubierta de módulo impresa en 3D	1	30.00	30.00
	Fuentes de alimentación	-	12.00	12.00
MCIBD	Tarjeta GSM SIM 900 Shield	1	45.00	45.00
	Fuente de alimentación	-	15.00	15.00
	Cubierta protectora con tapa translúcida	1	7.50	7.50
MCAA	NodeMCU V3 CH340 ESP8266	1	16.00	16.00
	Módulo relé 5V	1	5.50	5.50
	Cerradura Eléctrica	1	50.00	50.00
	Fuentes de Alimentación	-	18.00	18.00
	Cubierta protectora Scheider Electric IP55	1	12.99	12.99

Varios	15.00
Total	309,89

Realizado por: Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede observar en la tabla 1-4, el costo total del Prototipo de Sistema es de \$309,89. Este precio se encuentra dentro de un presupuesto general y accesible para su uso y empleo.

#### 4.2 Estudio comparativo con otros sistemas y prototipos similares

Resulta un tanto difícil compararlo con otros sistemas, ya que en primer lugar no existe un sistema similar en el mercado que cumpla con todas las funcionalidades y tareas con las que cuenta el prototipo de sistema implementado, así como también no poseen total autonomía.

Por lo que se procede a compararlo de manera general con dos dispositivos que se han encontrado en la ciudad de Riobamba, uno de ellos es la pistola de medición de temperatura de marca Berrcom JXB182, empleado como instrumento patrón para validar al módulo de medición de temperatura corporal, esto debido a su gran nivel de precisión y confiabilidad en sus mediciones, presentando un error máximo de medición de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ . Este dispositivo tiene un costo comercial de \$210,00. Presenta un precio más bajo que el sistema propuesto, pero no posee autonomía de funcionamiento en medición de temperatura, no se puede monitorear las mediciones tomadas en una base de datos, y no presenta un método de control de acceso automático, por lo que al hacer uso de este dispositivo se expone directamente a su portador al riesgo de contagio del virus COVID-19 que está causando estragos en la sociedad actual. En la tabla 2-4 se enlista las principales características del prototipo de sistema y de este dispositivo de medición de temperatura para realizar su respectivo análisis. La figura 1-4 presenta el precio que tiene la adquisición de esta pistola de medición de temperatura corporal.



**Figura 1-4:** Precio de pistola de medición de temperatura Berrcom JBX-182 en el mercado.  
**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 2-4:** Comparativa entre el prototipo de sistema implementado y pistola de temperatura Berrcom JXB182.

Dispositivos	Prototipo de Sistema Implementado	Pistola de Temperatura Berrcom JXB182
Características		
Precio	\$309.89	\$210.00
Medición automática de temperatura corporal	Si	No
Precisión de medición	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
Voltaje de funcionamiento	5V	3V
Control de acceso automático	Si	No
Base de datos de acceso remoto y monitoreo	Si	No
Comunicación Inalámbrica	Si	No
Número de mediciones de temperatura	Ilimitado	Ilimitado

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Después de haber analizado la tabla 2-4, se concluye que el Prototipo de Sistema implementado supera de gran manera en funcionalidad y características a la pistola de temperatura Berrcom JXB182, ya que en primer lugar el sistema implementado cumple y ejecuta todas sus funciones y tareas de manera automática, sin la intervención de un operador, mientras que la pistola de temperatura necesita obligatoriamente de un operador para su funcionamiento, que es de tipo manual. El único beneficio de la pistola de temperatura es el precio más bajo, pero el sistema implementado lo compensa de gran manera con todas sus funciones y características. Hay que

tomar en cuenta que, si se produce al prototipo de sistema en una escala mayor como el dispositivo en comparación, el precio del sistema sería mucho más bajo.

El Banco Pichincha en la ciudad de Riobamba, en la agencia sur ubicada en el sector del mercado Mayorista, dispone de un dispositivo de medición automática de temperatura corporal que basa su funcionamiento en una cámara con visión artificial para detectar el rostro de una persona y poder medir su temperatura corporal, es el sistema más similar al prototipo de sistema implementado, este sistema es fabricado por la marca Sunchip, el modelo a comparar es el AD-08A, el cual presenta entre sus principales características la medición de temperatura corporal mediante termografía y visión artificial, una pantalla para visualización de 8 pulgadas, cámara de rango dinámico, posee un rango de medición desde los 20°C hasta los 40°C, con una precisión de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , su consumo energético es de 65Wh nominales (Shenzhen Sunchip, 2020). Por lo que en la tabla 3-4 se analiza las principales características de ambos sistemas para realizar una correcta comparación entre ambos. La figura 2-4 presenta el precio de este sistema de medición de temperatura corporal mediante visión artificial.

The screenshot displays the product page for the Sunchip AD-08A automatic temperature measurement device on Alibaba.com. The page includes a product image, a navigation breadcrumb, and various product details.

**Product Details:**

- Category: Casa > Todas las industrias > Herramientas > Instrumentos de prueba > Instrumentos de temperatura
- Status: **Listo para enviar**, **En stock**, **Envío rápido**
- Description: Automático de temperatura de medición android cara cámara digital cara térmica fiebre escáner termómetro
- Price: 2-9 es **\$427,00**;  $\geq 10$  es **\$410,00**
- Application: Interior
- Theory: Sensor de temperatura, Registrador de temperatura
- Accuracy: 99.5%
- Temp Range: 35-42 &deg;C
- Examples: Interior, Sensor de temperatura, 99.5%, 35-42 &deg;C
- Price per unit: \$495,00 / Unidad, 1 Unidad (Pedido mínimo): [Comprar muestras](#)
- Customization: Alibaba.com build-in online customization [Customise Now](#)  
Logotipo personalizado (Pedido mínimo: 100 es)  
Embalaje personalizado (Pedido mínimo: 100 es) [More](#)

**Supplier Information:**

- Supplier: Shenzhen Sunchip Technology Co., Ltd. (Verified Supplier)
- Location: CN
- Years: 1YR
- Rating: 4.8
- Response Rate: 85.2%
- Transactions: 10,000+ for 16 Transacciones
- Delivery Rate: 87.5%
- Contact: [Mensajero](#)

**Shipping and Order Options:**

- Destination: Enviar a [United States](#) por [Alibaba.com](#) **\$114,1**
- Delivery Time: Plazo de entrega 7 días
- Shipping Time: Tiempo de envío 9-15 días
- Buttons: [Iniciar pedido](#), [Contactar Proveedor](#), [Llámanos](#), [Añadir al carro de compras](#)

**Figura 2-4:** Precio de sistema de medición de temperatura Sunchip AD-08A en el mercado.

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

**Tabla 3-4:** Comparativa entre el prototipo de sistema implementado y Sistema de Medición de temperatura corporal Sunchip AD-08A.

<b>Dispositivos</b>	<b>Prototipo de Sistema Implementado</b>	<b>Sistema de medición de temperatura corporal Sunchip AD-08A</b>
<b>Características</b>		
Precio	\$309.89	\$427.99
Medición automática de temperatura corporal	Si	Si
Precisión de medición	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
Voltaje de funcionamiento	5V	110V
Consumo energético	12.396Wh	65.00Wh
Control de acceso automático	Si	No
Base de datos de acceso remoto y monitoreo	Si	No
Comunicación Inalámbrica	Si	Si
Medición termográfica con visión artificial	No	Si
Bajo consumo energético	Si	No
Número de mediciones de temperatura	Ilimitado	Ilimitado

**Realizado por:** Arellano Mario, Granizo Steven, 2021.

Como se puede observar en la tabla 3-4, el prototipo de sistema implementado presente numerosas características que lo destacan del sistema en comparación. En primer lugar, el precio es más bajo, presenta un menor consumo energético, posee un control de acceso automático en función de la temperatura corporal medida, a la vez que todas las mediciones pueden ser registradas y monitoreadas en una base de datos de acceso remoto mediante comunicación inalámbrica. El sistema de medición de temperatura del Banco Pichincha no posee control de acceso automático, por lo cual necesita obligatoriamente de una persona que se encargue de controlar esta acción.

## CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo de sistema para la medición automática de temperatura corporal con base de datos de acceso remoto y control de acceso automático formado por una plataforma de registro y monitoreo de información (supervisión), la cual cuenta con una base de datos desarrollada en la plataforma Ubidots y los módulos de medición de temperatura corporal, comunicación inalámbrica, base de datos y control de acceso automático. La comunicación se la ejecuta mediante el estándar IEEE 802.11, con una configuración jerárquica en la topología de red.
- El módulo de medición de temperatura corporal, en donde ha sido integrado el sensor de temperatura infrarrojo MLX9960 para obtener las respectivas mediciones de temperatura para luego ser procesadas por el algoritmo de compensación, presenta errores absolutos en sus mediciones que no son representativos, ya que se encuentra dentro del rango de precisión de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$  de la pistola de temperatura Berrcom JXB-182. Al ser compensado mediante software se obtiene un resultado muy eficaz y deseado referente a la temperatura corporal.
- En el módulo de medición de temperatura corporal, fue incluido el sensor de proximidad APDS90614 para activar correctamente la medición de sensor MLX9960 a 5cm de distancia, presentando errores absolutos despreciables en cada una de sus mediciones, ubicándose dentro del límite de tolerancia con respecto al nivel de precisión de 5% (1mm) del calibrador Stanley 78-201. Al estar alineado con el sensor de temperatura infrarrojo, este presenta una alta eficacia en su medición y precisión.
- Al realizar el estudio de distancia de ubicación de los módulos del prototipo de sistema, se concluye que tanto el módulo de medición de temperatura corporal y el módulo de comunicación inalámbrica y base de datos deben ir uno junto al otro debido a problemas de compatibilidad y correcto funcionamiento al tratar de fusionarlos, y a la vez, para una fácil conexión y comunicación. Con la ayuda del software inSSIDer, se determinó la distancia máxima de conexión del módulo de control de acceso automático, el cual posee un NodeMCU V3 ESP8266 para la comunicación inalámbrica. Esta distancia es de 15.4 metros entre el dispositivo y el router de acceso a la red local de conexión WLAN a la que fue sometido a pruebas para poder enviar y recibir paquetes de datos de manera confiable y segura.

- La transferencia de paquetes de datos, con respecto a errores y alarmas que se pueden suscitar en el prototipo de sistema con un total de 335 pruebas, obtuvo un 99.40% de eficacia en el envío de estos datos. Por otro lado, el estudio de transferencia de paquetes de datos generados en el prototipo de sistema, con un total de 536 pruebas divididas en 8 funciones principales del sistema, obtuvo una estabilidad del mismo de 99.25%, resultado esperado para el nivel de precisión y eficacia requeridos para este tipo de prototipos.
- El estudio de tiempo de respuesta del prototipo de sistema determinó que el mismo presenta un tiempo promedio de 3.875 segundos para ejecutar todas sus funciones, desde la medición de temperatura corporal, envío de información a la base de datos, y control de acceso automático. Cabe recalcar que el tiempo de respuesta inicial fue de 40.15 segundos, y después de varias modificaciones y pruebas se pudo llegar al tiempo descrito anteriormente.
- La comunicación entre el MMTC y MCIBD, al ser sometidos a estudios mediante 134 pruebas de comunicación y envío de información entre ambos módulos con respecto a las mediciones de temperatura corporal, muestra una eficacia del 100%, lo cual es ideal para este tipo de prototipo de sistema.
- Al establecer una comunicación del MCIBD con la base de datos diseñada en Ubidots, con un total de 134 pruebas divididas en dos funciones principales, el envío de datos medidos a la base de datos y el registro en la misma, presenta una estabilidad de funcionamiento del 98.51% con 132 pruebas cumplidas correctamente.
- La comunicación del MCAA y la base de datos para el correcto cumplimiento de sus funciones, fue sometido a 268 pruebas divididas en 4 partes, en las que se encuentran la obtención de los paquetes de datos desde la database, la visualización de esta información en el módulo, y el correcto control de habilitación o bloqueo de acceso automático, presentando una eficacia del 100% en el cumplimiento de sus funciones.

- El estudio energético realizado al prototipo de sistema arrojó el resultado que el mismo presenta un consumo mensual de 3.718KWh. Considerando el consumo del sistema de Medición de temperatura corporal Sunchip AD-08A., el cual presentó un consumo mensual de 19.50KWh, realizando la comparación entre ambos dispositivos se concluye que el sistema presenta un bajo consumo energético, representando un 19.066% del consumo del sistema de Medición de temperatura corporal Sunchip AD-08A.

## RECOMENDACIONES

- Emplear una cámara termográfica para la detección de temperatura corporal y captura de imagen de la persona que es sometida a medición, para de esta manera llevar un registro de temperatura corporal medida y el usuario en específico.
- Uso de visión artificial con entrenamiento de reconocimiento facial para la medición de temperatura corporal a más de una persona a la vez, que permita conectarse a una red de base de datos en donde se pueda identificar a las personas que presenten temperaturas anormales.
- Desarrollar un proceso de análisis y autodiagnóstico en la red para la resolución de posibles errores y fallos del prototipo de sistema puesto en funcionamiento.
- Implementar un sistema de alimentación auxiliar para que el prototipo de sistema posea alimentación eléctrica ininterrumpida, y, además, posea autonomía de energía.
- Mejorar el tiempo de respuesta desde la medición de temperatura corporal hasta el correcto control de acceso automático mediante el empleo de otros dispositivos de procesamiento y comunicación inalámbrica en futuros trabajos de desarrollo.
- Solucionar los problemas de compatibilidad y conexión entre los módulos MMTC y MCIBD para de esta manera obtener un solo módulo, así como también obtener un mejor tiempo de respuesta en el cumplimiento de todas las funciones asignadas.

## GLOSARIO

**Grado de incertidumbre:** Es un parámetro asociado al resultado de una medida, la cual caracteriza la dispersión de los valores a la variable particular sujeta a medición (Rubio, 2014).

**Histéresis:** Es la diferencia máxima en los valores indicados por la señal de salida de un valor cualquiera del campo de medida, esto sucede cuando la variable recorre toda la escala tanto ascendente como descendente (Rubio, 2014).

**Linealidad:** Se la puede describir como una aproximación de una curva de calibración de un instrumento sensor a una línea recta especificada (Rubio, 2014).

**Radiación infrarroja:** Esta es un tipo de radiación electromagnética en donde su longitud de onda posee un alcance que está en el rango desde los 760 hasta los 780 nm, lo cual afecta al espectro visible del color rojo, y a su vez, limita las ondas de microondas generadas para el estudio (Portelo Sendra & Martínez, 2006).

**Tensión:** Es aquella fuerza potencial que existe entre dos puntos cuando el número de electrones entre los mismos es diferente. Dentro de una batería se halla tensión eléctrica y la unidad universal para medir este fenómeno son los voltios (V) (SEAT, 2010).

**Trazabilidad:** Es el resultado de las mediciones realizadas con un instrumento o con un patrón, los cuales puede relacionarse con patrones nacionales o internacionales, que se realiza mediante una cadena de comparaciones (Rubio, 2014).

**Zona muerta:** Describe el campo de valores de la variable en los que no varía la indicación o la señal de salida del instrumento a utilizar, este parámetro no produce una respuesta (Rubio, 2014).

## BIBLIOGRAFIA

**ABBXA, I.** *Infrared forehead thermometer Berrcom jxb-182*. [en línea]. 2020. Disponible en: [https://www.abbxa.com/thermometer-jxb182?gclid=CjwKCAiA6aSABhApEiwA6Cbm\\_7g14VTNVWGzQKhYKDIEwyoCNQry4pQy\\_f0M6oO-YtCudt-63v4HEBoCwp4QAvD\\_BwE](https://www.abbxa.com/thermometer-jxb182?gclid=CjwKCAiA6aSABhApEiwA6Cbm_7g14VTNVWGzQKhYKDIEwyoCNQry4pQy_f0M6oO-YtCudt-63v4HEBoCwp4QAvD_BwE).

**ABUIN, J.M.** *Primeros Pasos en SPSS* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 8471669242, 2014. Disponible en: [http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web\\_UAE/tutoriales/PDF/SPSSIniciacion.pdf](http://humanidades.cchs.csic.es/cchs/web_UAE/tutoriales/PDF/SPSSIniciacion.pdf).

**AGUAYO, P.** *Introducción a los microcontroladores. FrisWolker* [en línea], pp. 1-15. 2004. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:INTRODUCCIÓN+AL+MICROCONTROLADOR#0>.

**ALVAREZ BROTONS, X.** *Control predictivo de canales de riego utilizando modelos de predicción de tipo Muskingum (primer orden) y de tipo Hayami (segundo orden)*. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona - Enginyeria de Camins, Canals i Ports [en línea]. S.l.: s.n., pp. 5-12. 2004. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3330/34059-5.pdf>.

**ANDRADE PARREÑO, C.A.** *Diseño E Implementación De Un Sistema Cliente-Servidor Para El Envío De Posición Y Signos Vitales De Mascotas Sobre Dispositivos Móviles En La Plataforma Android*. [en línea], 2016. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12016/3/T-ESPE-053447.pdf>.

**ARAYA, M.** *Sensores De Temperatura: Sensores De Temperatura*. April 27, 2015 [en línea], pp. 4-5. 2015. Disponible en: <http://snoresdetemperatura.blogspot.com/2009/05/sensores-de-temperatura.html>.

**ARDUINO, R.** *Arduino - SoftwareSerial*. [en línea]. 2016. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>.

**ARDUINO, R.** *Arduino - Biblioteca Wire*. [en línea]. 2019a. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/reference/wire>.

**ARDUINO, R.** *Arduino - SPI*. [en línea]. 2019b. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>.

**AVAGO-TECHNOLOGIES.** *Datasheet - APDS-9960 - Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor*. [en línea], pp. 1-38. 2013. Disponible en: [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/3/2/1/Avago-APDS-9960-datasheet.pdf](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/3/2/1/Avago-APDS-9960-datasheet.pdf).

**BANZI, M.; & SHIOH, M.** *Introducción a Arduino* [en línea]. S.l.: s.n. 2016. Disponible en: [file:///C:/Users/sv\\_19/Downloads/Introduccion\\_a\\_Arduino.pdf](file:///C:/Users/sv_19/Downloads/Introduccion_a_Arduino.pdf).

**BELTRÁN, C.** *Medición de Temperatura*. [en línea], pp. 13. 2003. Disponible en: [https://instrumentacionycontrol.net/Descargas/Documentacion/Instrumentaci%23U00f3n\\_Deteccion/IyCnet\\_MEDICION\\_DE\\_TEMPERATURA.pdf](https://instrumentacionycontrol.net/Descargas/Documentacion/Instrumentaci%23U00f3n_Deteccion/IyCnet_MEDICION_DE_TEMPERATURA.pdf).

**BENÍTEZ, J.; & HUESO, J.** *MATLAB introducción*. Universidad Politécnica de Valencia, , 2004 [en línea]. Disponible en: <http://personales.upv.es/jbenitez/data/matlab.pdf>.

**CABRERA, D.** *Diseño e implementación de equipo para prueba y diagnóstico de sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica para vehículos livianos a gasolina*, 2020. [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>.

**CAMACHO GONZÁLEZ, J.P; & PÉREZ MIRANDA, R.** *La transposición didáctica de los conceptos calor y temperatura.* Enseñanza de las Ciencias, Número extra, VII ... [en línea], pp. 1-4. 2005. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:LA+TRANSPOSICIÓN+DIDÁCTICA+DE+LOS+CONCEPTOS+CALOR+Y+TEMPERATURA#5>.

**CANDELARIO, J.** *Implementación de WPS en el firmware NodeMCU para el ESP8266* Autor: Julio Candelario [en línea]. S.l.: 2016. Disponible en: [http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90698/fichero/TFG\\_Julio\\_Candelario\\_Elias.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90698/fichero/TFG_Julio_Candelario_Elias.pdf).

**CARRASCO GARCIA, J.C.** *Tecnología avanzada del diseño y manufactura asistidos por computador - CAD/CAM. Prospectiva* [en línea] 2006. vol. 4, no. 1, pp. 75-81. ISSN 1692-8261. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251107012.pdf>.

**CARRILLO, A.,** *Sistemas automáticos de control fundamentos básicos de análisis y modelado* [en línea]. 2011. S.l.: s.n. ISBN 978-980-6792-12-8. Disponible en: [http://150.185.9.18/fondo\\_editorial/images/PDF/CUPUL/SISTEMA DE CONTROL 1.pdf](http://150.185.9.18/fondo_editorial/images/PDF/CUPUL/SISTEMA DE CONTROL 1.pdf).

**CASADO FERNÁNDEZ, C.** *Manual Básico De Matlab.* [en línea] 2015. Disponible en: <http://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento11541.pdf>.

**CISCO.** *Internet de las cosas (IoT) - Cisco.* Cisco [en línea], pp. 3. 2017. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/81581111.pdf>.

**COLOMER, J.** *Estudio de los Sensores para la Detección de Obstáculos Aplicables a Robots Móviles* [en línea]. S.l.: s.n. 2018. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/80846/6/jacobarTFM0618memoria.pdf>.

**COMPEL, Ru.** *APDS - 9960 RGB and Gesture Sensor.* [en línea], 2015. Disponible en: <https://www.compel.ru/item-pdf/afcc7a66a9d5608f9043d624d037b302/pn/sparkfun~rgb-and-gesture-sensor---apds-9960.pdf>.

**COMPEL, S.A.** *Arduino Nano*. [en línea], vol. 328, pp. 0-2. 2015. Disponible en: <http://compel.com.co/images/Datasheet/ard9.pdf>.

**CÓRDOBA, U.N.** *Elementos y Equipos Eléctricos Elementos y Equipos Eléctricos*. [en línea]. S.l.: s.n., pp. 142-173. 2005. Disponible en: <https://tecnologiainformaticasi.files.wordpress.com/2013/12/manual-sesores-de-temperatura.pdf>.

**COTARELO; & MORI, E.** *Capitulo VII Sensores. Sensores Capítulo 7* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 199-232. 2019. Disponible en: <http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf>.

**DÉLEG, M.** *Tecnología LED. 2017* [en línea], no. 2, pp. 1. 2017. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/tecnologia-led-ensayo/tecnologia-led-ensayo.pdf>.

**DRÄGERWERK AG; & CO. KGAA.** *La importancia de la temperatura corporal central Fisiopatología y métodos de medición*. [en línea], pp. 60. 2018. Disponible en: <https://www.draeger.com/Library/Content/t-core-bk-9101301-es-1604-1.pdf>.

**ENRÍQUEZ HERRADOR, R.** *Guía de Usuario de Arduino*. Universidad de Cordoba [en línea], vol. 1, pp. 8-10. 2009. Disponible en: [http://electroship.com/documentos/Arduino\\_user\\_manual\\_es.pdf](http://electroship.com/documentos/Arduino_user_manual_es.pdf).

**FERNANDEZ AMADOR, G.** *Sensores Magnéticos e Inductivos*. [en línea], pp. 43-127. 2005. Disponible en: [http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores\\_magneticos.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores_magneticos.pdf).

**FERNÁNDEZ, J.; & DÍAZ, F.** *Manual de prácticas de CAD utilizando el programa SolidWorks 2014* [en línea]. S.l.: s.n. 2015. Disponible en: [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/mecanica/mat/mat\\_mec/m9/MANUAL\\_DE\\_PRACTICAS\\_DE\\_SOLIDWORKS.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m9/MANUAL_DE_PRACTICAS_DE_SOLIDWORKS.pdf).

**FISA, S.** *Calibrador Manual de escala Dual Pulgada / mm 78-201 Stanley*. [en línea]. 2020. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.fisa.com.co/herramientas-manuales/971-calibrador-manual-de-escala-dual-pulgada-mm-78-201-stanley.html>.

**FRANCOIS, J.** *Medición de temperaturas : Termistores*. Instrumentation [en línea], vol. 1, pp. 42. 2015. Disponible en: [http://www.sapiensman.com/medicion\\_de\\_temperatura/termistores.htm](http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termistores.htm).

**GARCÍA, A.** *PROYECTO FIN DE CARRERA Desarrollo de un sensor de temperatura remoto basado en la radiación infrarroja*. [en línea]. S.l.: s.n. 2012. Disponible en: [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16632/PFC\\_AbrahamDiazGarcia.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16632/PFC_AbrahamDiazGarcia.pdf?sequence=1).

**GARCIA GRADO, C.** *SolidWorks para DIBUJO Y DISEÑO MECANICO* [en línea]. S.l.: s.n. 2004. Disponible en: <https://lisandroingmec.files.wordpress.com/2013/08/63932037-46117885-solid-works-para-dibujo-y-diseno-mecanico.pdf>.

**GITHUB, I.** *GPRS\_Shield\_Suli / GPRS\_Shield\_Arduino.h*. [en línea]. [Consulta: 14 diciembre 2020]. 2015. Disponible en: [https://github.com/Seeed-Studio/GPRS\\_Shield\\_Suli/blob/master/GPRS\\_Shield\\_Arduino.h](https://github.com/Seeed-Studio/GPRS_Shield_Suli/blob/master/GPRS_Shield_Arduino.h).

**GITHUB, I.** *GitHub - adafruit / Adafruit-GFX-Library: biblioteca central de gráficos Adafruit GFX*. 2018. [en línea]. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library>.

**GITHUB, I.** *GitHub - adafruit / Adafruit\_SSD1306 library*. [en línea]. 2019a. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_SSD1306](https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306).

**GITHUB, I.** *GitHub - adafruit / Adafruit-MLX90614-Library*. [en línea]. 2019b. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <https://github.com/adafruit/Adafruit-MLX90614-Library>.

**GITHUB, I.** *GitHub - arduino-libraries/Arduino\_APDS9960*. [en línea]. 2019c [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: [https://github.com/arduino-libraries/Arduino\\_APDS9960](https://github.com/arduino-libraries/Arduino_APDS9960).

**GUTIÉRREZ, A.** *Base de Datos clave. Centro cultural Itaca S.C.* [en línea], pp. 36. 2010. Disponible en: <https://aiu.edu/cursos/base de datos/pdf leccion 1/lección 1.pdf>.

**HERNÁNDEZ, V.** *Escoger el mejor sensor de temperatura para Arduino*. [en línea], pp. 1-10. 2019. Disponible en: <http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/SensoresTemArdui.pdf>.

**HUAYHUAPUMA, N; & MORIANO, J.** *Implementación de un sistema de monitoreo web para mejorar el servicio de mantenimiento de puertas automáticas en la empresa markha security s.a.c* [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma del Perú. 2018. Disponible en: <http://repositorio.autonoma.edu.pe/bitstream/AUTONOMA/530/1/Huayhuapuma Jara%2C Nery Rocxalia y Moriano Marca%2C Jose Luis.pdf>.

**LAB-VOLT, P.** *Control de Proceso de Temperatura* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 2892897645. 2005. Disponible en: [file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc\\_o\\_00042\\_01.pdf](file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc_o_00042_01.pdf).

**LLAMAS, L.** *Reproducir Sonidos Con Arduino Y Un Buzzer Pasivo O Altavoz*. [en línea], pp. 1-5. 2016. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/reproducir-sonidos-arduino-buzzer-pasivo-altavoz/>.

**LLEDÓ SÁNCHEZ, E.** *Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino* [en línea]. S.l.: s.n. 2012. Disponible en: <http://ie.ucr.ac.cr>.

**MARTINEZ PATIÑO, J.** *Internet de las cosas. Sistema electrónico de control basado en Arduino*. [en línea]. S.l.: s.n. 2015. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/55869>.

**MATHWORKS, R.** *Ajuste de una curva polinómica MATLAB polyfit.* [en línea]. 2016. [Consulta: 21 enero 2021]. Disponible en: <https://es.mathworks.com/help/matlab/ref/polyfit.html>.

**MENDEZ, H.** *Desarrollo del prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa Familia Castro y Baca S.A.C. S.l.: s.n.* 2016.

**METAGEEK, C.** *MetaGeek, Software inSSIDer .* [en línea]. 2019. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.metageek.com/products/inssider/>.

**MORI, A.** *Bibliotecas ESP8266 V2, V3 para Arduino IDE.* [en línea], 2016. Disponible en: <https://alejandromori.files.wordpress.com/2017/08/esp8266wifi2.pdf>.

**ORTIZ, E.** *Sistemas de control de acceso para unidades militares.* [en línea], vol. 2014, no. June, pp. 1-2. ISSN 1573045X. 2014. Disponible en: [https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39127%0Ahttps://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/4755978/Julius+Ojebode%27s+Thesis.pdf%0Ausir.salford.ac.uk/29369/1/Angela\\_Darvill\\_thesis\\_esubmission.pdf%0Ahttps://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/ha](https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39127%0Ahttps://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/4755978/Julius+Ojebode%27s+Thesis.pdf%0Ausir.salford.ac.uk/29369/1/Angela_Darvill_thesis_esubmission.pdf%0Ahttps://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/ha).

**OSIO, J; & ANTONINI, L.** *Descripción General de un Microcontrolador – (Módulos Básicos).* [en línea], pp. 1-57. 2011. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30176072/descripcion\\_de\\_un\\_microcontrolador\\_%28m%C3%B3dulos\\_de\\_comunicacion%29.pdf?1352610477=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDescripcion\\_General\\_de\\_un\\_Microcontrolad.pdf&Expires=1602526975&Signature=T8b](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30176072/descripcion_de_un_microcontrolador_%28m%C3%B3dulos_de_comunicacion%29.pdf?1352610477=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDescripcion_General_de_un_Microcontrolad.pdf&Expires=1602526975&Signature=T8b).

**PEÑA, D.N.** *Microcontroladores: Arquitectura, programación y aplicación.* [en línea], pp. 1-31. 2008. Disponible en: [https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Despradel Novas Peña.pdf](https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Despradel%20Novas%20Pe%C3%B1a.pdf).

**PÉREZ, A.; & SANTAMARIA, E.K.** *Sensor de pulso cardiaco, sensor AD8232, microcontrolador ATmega328P.* *BMC Public Health* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 1-8. ISSN 14712458. 2017. Disponible en:

<https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>.

**PÉREZ LESCANO, H.V.** *Sistema de control de acceso por reconocimiento de iris para el ingreso de personal a la empresa electroservicios querubín de la ciudad de puyo trabajo* [en línea]. S.l.: s.n. 2018. Disponible en: [http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28577/1/Tesis\\_t1465ec.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28577/1/Tesis_t1465ec.pdf).

**PICQUART, M; & CARRASCO MORALES, I.** *De la temperatura y su medición.* Latin-American Journal of Physics Education [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 10. ISSN 1870-9095. 2017. Disponible en: [http://www.lajpe.org/mar17/1310\\_Picquart\\_2017.pdf](http://www.lajpe.org/mar17/1310_Picquart_2017.pdf).

**PROSKIT, I.** *Digital Multimeter Proskit MT1233C.* [en línea], pp. 1-28. 2013. Disponible en: <https://www.manualslib.com/download/1331809/Proskit-Mt-1233c.html>.

**QUIZÁN, V.; FIGUEROA, A.** *Familiarizarse con la librería string . h.* [en línea], pp. 1-5. 2007. Disponible en: [http://fcqi.tij.uabc.mx/usuarios/cgaxiola/prog\\_p7.pdf](http://fcqi.tij.uabc.mx/usuarios/cgaxiola/prog_p7.pdf).

**RAMÍREZ, R.** *El Diodo.* Universidad Nacional de Colombia [en línea], pp. 1. 2014. Disponible en: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001771/html/cap03/03\\_02\\_01.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001771/html/cap03/03_02_01.html).

**RUBÉN, A.** *Arduino + módulo GSM/GPRS: monitorización, automatización y gestión remota en un viñedo* [en línea]. S.l.: s.n. 2017. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/65345/6/radriandTFG0617memoria.pdf>.

**RUBIO, A.** *Medición de temperatura mediante sensores inteligentes basados en microcontrolador.* Revista UNIMAR [en línea], 2014. Disponible en: <http://www.umariana.edu.co/ojs-editorial/index.php/unimar/article/view/859>.

**SAURA RÓDENAS, P.** *Desarrollo de un entorno para la monitorización remota de prácticas de laboratorio para sensores de temperatura.* [en línea], 2020. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/8560#.Xy3BidxPuU0.mendeley>.

**SHENZHEN SUNCHIP, C.** *Medidor de temperatura corporal con cámara termográfica y visión artificial AD-08A* [en línea]. 2020. Disponible en: <https://fccid.io/2AWFG-AD-08A/User-Manual/User-Manual-4805691.pdf>.

**STOPWATCHTIMERS, I.** *Stopwatch and Timer.* [en línea]. 2018. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: <https://stopwatchtimers.com/>.

**TORRES, S.** *Sensores De Temperatura. I* [en línea], vol. I, pp. 3. DOI 10.15713/ins.mmj.3. 2013. Disponible en: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sensores-de-flujo.pdf>.

**TRIOLA, M.F.** *Estadística décima edición* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789702612872. 2009. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>.

**UBIDOTS, C.** *Conecte un NodeMCU ESP8266 a Ubidots a través de HTTP. Centro de ayuda de Ubidots.* [en línea]. 2017. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: <https://help.ubidots.com/en/articles/513312-connect-a-nodemcu-esp8266-to-ubidots-over-http>.

**VANEGAS GARCÍA, J.H.** *Sensores y Transductores.* Universidad de Tarapacá [en línea], pp. 34. 2014. Disponible en: [http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm\\_Ch03\\_mfuentesm.pdf](http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf).

**WAVESHARE, H.** *0.91inch OLED Module User Manual.* [en línea], 2017. Disponible en: [https://www.mcielectronics.cl/website\\_MCI/static/documents/0.91inch\\_OLED\\_Module\\_User\\_Manual\\_EN.pdf](https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/0.91inch_OLED_Module_User_Manual_EN.pdf).

## ANEXOS

### ANEXO A: DATASHEET DISPOSITIVOS MICROCONTROLADORES EMPLEADOS

#### NodeMCU V3 ESP8266

- There is a candid difference between Vin and VU where former is the regulated voltage that may stand somewhere between 7 to 12 V while later is the power voltage for USB that must be kept around 5 V.

**Features**

1. Open-source
2. Arduino-like hardware
3. Status LED
4. MicroUSB port
5. Reset/Flash buttons
6. Interactive and Programmable
7. Low cost
8. ESP8266 with inbuilt wifi
9. USB to UART converter
10. GPIO pins
11. Arduino-like hardware IO
12. Advanced API for hardware IO, which can dramatically reduce the redundant work for configuring and manipulating hardware.
13. Code like arduino, but interactively in Lua script.

### NodeMCU V3 For Fast IoT Application Development

Authors: Ali Al Dahoud and Mohamed Fezari  
Faculty of IT, Al-Zaytoonah University Amman

fritzing

The best way to develop quickly an IoT application with less Integrated circuits to add is to choose this circuit "NodeMCU". Today, we will give a detailed introduction on NodeMCU V3. It is an open-source firmware and development kit that plays a vital role in designing a proper IoT product using a few script lines.

The module is mainly based on ESP8266 that is a low-cost Wi-Fi microchip incorporating both a full TCP/IP stack and microcontroller capability. It is introduced by manufacturer Espressif Systems. The ESP8266 NodeMcu is a complex device, which combines some features of the ordinary Arduino board with the possibility of connecting to the internet.

Arduino Modules and Microcontrollers have always been a great choice to incorporate automation into the relevant project. But these modules come with a little drawback as they don't feature a built-in WiFi capability, subsequently, we need to add external WiFi protocol into these devices to make them compatible with the internet channel.

This is the famous NodeMCU which is based on ESP8266 WiFi SoC. This is version 3 and it is based on ESP-12E (An ESP8266 based WiFi module). NodeMCU is also an open-source firmware and development kit that helps you to prototype your IOT product within a few LUA script lines, and of course you can always program it with Arduino IDE.

In this article, We will try present useful details related to this WiFi Development Kit, its main features, pinout and everything we need to know about this module and the application domain.

# ESP32

## 2 Pin Definitions

### 2.1 Pin Layout

Figure 2: ESP32 Pin Layout (QFN 6\*6, Top View)

## 3 Functional Description

Table 5: Memory and Peripheral Mapping

Category	Target	Start Address	End Address	Size
Embedded Memory	Internal ROM 0	0x4000_0000	0x4005_FFFF	384 KB
	Internal ROM 1	0x3FF0_0000	0x3FF9_FFFF	64 KB
	Internal SRAM 0	0x4007_0000	0x4009_FFFF	192 KB
	Internal SRAM 1	0x3FFE_0000	0x3FFF_FFFF	128 KB
	Internal SRAM 2	0x3FFA_0000	0x3FFD_FFFF	200 KB
	RTC FAST Memory	0x3FF8_0000	0x3FFB_1FFF	8 KB
	RTC SLOW Memory	0x400C_0000	0x400C_1FFF	8 KB
External Memory	External Flash	0x3F40_0000	0x3F7F_FFFF	4 MB
	External RAM	0x400C_2000	0x40BF_FFFF	11 MB+248 KB
Peripheral	DPort Register	0x3FF0_0000	0x3FF0_0FFF	4 KB
	AES Accelerator	0x3FF0_1000	0x3FF0_1FFF	4 KB
	RSA Accelerator	0x3FF0_2000	0x3FF0_2FFF	4 KB
	SHA Accelerator	0x3FF0_3000	0x3FF0_3FFF	4 KB
	Secure Boot	0x3FF0_4000	0x3FF0_4FFF	4 KB
	Cache MMU Table	0x3FF1_0000	0x3FF1_3FFF	16 KB
	PID Controller	0x3FF1_F000	0x3FF1_FFFF	4 KB
	UART0	0x3FF4_0000	0x3FF4_0FFF	4 KB
	SP1	0x3FF4_2000	0x3FF4_2FFF	4 KB
	SP0	0x3FF4_3000	0x3FF4_3FFF	4 KB
	GPIO	0x3FF4_4000	0x3FF4_4FFF	4 KB
	RTC	0x3FF4_8000	0x3FF4_8FFF	4 KB
	IO MUX	0x3FF4_9000	0x3FF4_9FFF	4 KB
	SDIO Slave	0x3FF4_B000	0x3FF4_BFFF	4 KB
	UDMA1	0x3FF4_C000	0x3FF4_CFFF	4 KB
	I2S0	0x3FF4_F000	0x3FF4_FFFF	4 KB
	UART1	0x3FF5_0000	0x3FF5_0FFF	4 KB
	I2C0	0x3FF5_3000	0x3FF5_3FFF	4 KB
	UDMA0	0x3FF5_4000	0x3FF5_4FFF	4 KB
	SDIO Slave	0x3FF5_5000	0x3FF5_5FFF	4 KB
	RMT	0x3FF5_6000	0x3FF5_6FFF	4 KB
	PCNT	0x3FF5_7000	0x3FF5_7FFF	4 KB
	SDIO Slave	0x3FF5_8000	0x3FF5_8FFF	4 KB
	LED PWM	0x3FF5_9000	0x3FF5_9FFF	4 KB
	eFuse Controller	0x3FF5_A000	0x3FF5_AFFF	4 KB
	Flash Encryption	0x3FF5_B000	0x3FF5_BFFF	4 KB
	PNM0	0x3FF5_E000	0x3FF5_EFFF	4 KB
	TIMG0	0x3FF5_F000	0x3FF5_FFFF	4 KB
	TIMG1	0x3FF6_0000	0x3FF6_0FFF	4 KB
	SP2	0x3FF6_4000	0x3FF6_4FFF	4 KB
	SP3	0x3FF6_5000	0x3FF6_5FFF	4 KB

Espressif Systems 24 ESP32 Series Datasheet v3.5

# ESP-12E

## 2. Pin Descriptions

There are altogether 22 pin counts, the definitions of which are described in Table 2 below.

Table 2 ESP-12E Pin design

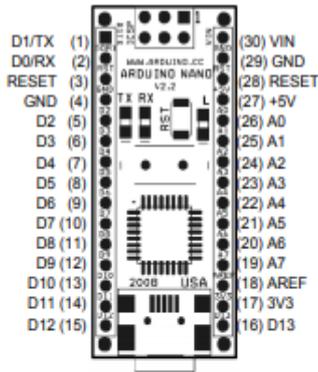
Table 3 Pin Descriptions

NO.	Pin Name	Function
1	RST	Reset the module
2	ADC	A/D Conversion result input voltage range 0-1v, scope: 0-1024
3	EN	Chip enable pin.Active high
4	ID16	GPIO16; can be used to wake up the chipset from deep sleep mode.
5	ID14	GPIO14; HSP1_CLK
6	ID12	GPIO12; HSP1_MISO
7	ID13	GPIO13; HSP1_MOSI; UART0_CTS
8	VCC	3.3V power supply (VDD)
9	CS0	Chip selection
10	MISO	Salve output Main input

Shenzhen Analinke Technology CO.,LTD <http://www.ai-thinker.com> 7

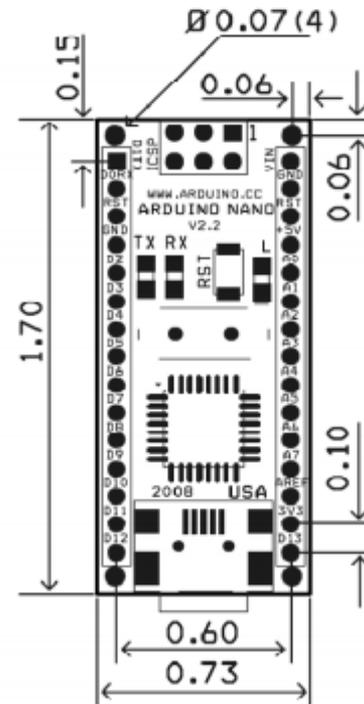
# Arduino Nano

## Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

## Arduino Nano Mechanical Drawing



ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES

## Arduino Nano Bill of Material

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic N0P/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67501-1020	Molex	536-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT20125RCPRV	Kingbright	604-APT20125RCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	64-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digkey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW ARES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digkey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW ARES SMD	YC164-JR-0768BRL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digkey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digkey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins 550P	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYR03	Ti	595-UA78M05CDCYR03	Mouser
18	1	Y1	Crystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-82	Abracon	815-ABL-16-82	Mouser

## ANEXO B: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN MÓDULO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL

```
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Arduino_APDS9960.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define OLED_RESET 4
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
SoftwareSerial mySerial(3, 4);           //your pins to serial communication
int valor;
//-----
//-----Ubidots Configuration-----
//-----
String token = "BBFF-v4iosq2hiBfIjjkg4HyEtx5VlaZGL"; //your token to post a value
String idvariable = "5ffccd941d8472494649e417"; //ID of your variable

Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);

float x;
float y ;
float temp;
float m , a , r , o , e , l ;
int i ;
int promedio = 50;
int proximity;
```

```
const int ledVerde= 10;
const int ledRojo=6;
const int buzzer=8;
const int pinBuzzer = 9;

void setup() {
  mySerial.begin(19200);
  Serial.begin(19200);
  while (!Serial);

  if (!APDS.begin()) {
    Serial.println("Error initializing APDS9960 sensor!");
  }
  mlx.begin();
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  pinMode(ledRojo, OUTPUT);
  pinMode(ledVerde, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  Serial.println("MODULO DE MEDICION DE TEMPERATURA CORPORAL");
  delay(1000);
}
```

```
void loop() {
  analogWrite(ledVerde, 0);
  analogWrite(ledRojo, 0);

  if (APDS.proximityAvailable()) {
    int proximity = APDS.readProximity();
    //Serial.println(proximity);

    if ((proximity>## && proximity <=##)
    {
      lecturatemperatura();
      calculo();

      if (temp<37.8)
      {
        tempNormal ();
        Serial.println(temp);
        Serial.println(" ");
        display.clearDisplay();
        display.invertDisplay(false);
        display.setTextSize(2);
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(8, 0);
        display.clearDisplay();
        display.println(" TEMP.CORP");
        display.setCursor(34, 18);
        display.print(temp, 1);
```

```
display.setCursor(85, 8);
display.print(".");

display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(85, 18);
display.print(" C");
display.display();

delay(1500);
}

if (temp>=37.8) {
  Serial.println(temp);
  Serial.println(" ");
  display.clearDisplay();
  display.invertDisplay(false);
  display.setTextSize(2);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(20, 0);
  display.clearDisplay();
  display.println("CRITICO");

  display.setCursor(25, 18);
  display.print(temp);

  display.setCursor(85, 8);
  display.print(".");
```

```
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(85, 18);
display.print(" C");
display.display();
tempAlta ();

delay(1000);
}
float value= temp;
//read pin A0 of the Arduino
Serial.println("Sending to Ubidots Value=" +* "35.6");
save_value(String(value,1));
if (mySerial.available())
Serial.write(mySerial.read());
}
if ( proximity >## || proximity <##) {
delay(10);
display.clearDisplay();
display.invertDisplay(true);
display.setTextSize(2.8);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(45, 1);
display.clearDisplay();
display.println("NO");
display.setCursor(17, 17);
display.print("DETECTADO");
display.display();
digitalWrite(5, LOW);
}
```

```
void tempNormal ()
{
    analogWrite (ledVerde, 15);
    analogWrite (ledRojo, 0);
    digitalWrite (buzzer, HIGH);
    delay (110);
    digitalWrite (buzzer, LOW);
    delay (110);
    digitalWrite (buzzer, HIGH);
    delay (110);
    digitalWrite (buzzer, LOW);
    delay (110);
}
void tempAlta ()
{
    analogWrite (ledVerde, 0);
    analogWrite (ledRojo, 100);
    digitalWrite (buzzer, HIGH);
    delay (2000);
    digitalWrite (buzzer, LOW);
    delay (100);
}

////////////////////////////////////
void save_value (String value)
{
    int num;
```

```
String var;
var=value ;
num=var.length();
le=String(num);
for(int i = 0;i<7;i++)
{
    mySerial.println("AT+CGATT?");
    delay(2000);
    ShowSerialData();
}
mySerial.println("AT+CSST=\"internet.claro.com.ec\"");
delay(1000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIICR");
delay(3000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIFSR");
delay(2000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIPSPRT=0");
delay(3000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIPSTART=\"tcp\", \"things.ubidots.com\", \"80\"");
delay(3000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIPSEND");
delay(3000);
ShowSerialData();
mySerial.print("POST /api/v1.6/variables/"+idvariable);
```

```
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println("/values HTTP/1.1");
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println("Content-Type: application/json");
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println("Content-Length: "+le);
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.print("X-Auth-Token: ");
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println(token);
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println("Host: things.ubidots.com");
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println();
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println(var);
delay(100);
ShowSerialData();
mySerial.println();
delay(100);
ShowSerialData();
```

```
mySerial.println();  
ShowSerialData();  
mySerial.println("AT+CIPCLOSE");  
delay(1000);  
ShowSerialData();  
}  
  
void ShowSerialData()  
{  
  while(mySerial.available() != 0)  
    Serial.write(mySerial.read());  
}
```

## ANEXO C: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN MÓDULO DE CONTROL DE ACCESO AUTOMÁTICO

```
#include "Ubidots.h"

const char* UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-v4iosq2hiBfIjkkq4HyEtx5VlaZGL"; // Put here your Ubidots TOKEN
const char* WIFI_SSID = "FLIA GRANIZO"; // Put here your Wi-Fi SSID
const char* WIFI_PASS = "0602291700gr@nizovalles"; // Put here your Wi-Fi password
const int pinRELE = 2;
Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_HTTP);

#define DEVICE "termometro" // Put here your Ubidots device label
#define VARIABLE "ter" // Put here your Ubidots variable label
#define ID_TEMP "5ffccd941d8472494649e417"

void setup() {

  Serial.begin(115200);
  ubidots.wifiConnect(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
  pinMode(pinRELE, OUTPUT);
  // ubidots.setDebug(true); //Uncomment this line for printing debug messages
}

void loop() {
  /* Obtain last value from a variable as float using HTTP */
  float value = ubidots.get("termometro", "ter");

  // Evaluates the results obtained
  if ((value>=35.8) && (value<=37.3) ) {
    Serial.print("Value:");
    Serial.println(value);
    Serial.print("Temperatura corporal normal, El Acceso ha sido activado:");
  }
}
```

```
// Evaluates the results obtained
if ((value>=35.8) && (value<=37.3) ) {
  Serial.print("Value:");
  Serial.println(value);
  Serial.print("Temperatura corporal normal, El Acceso ha sido activado:");
  Serial.print("                ");
  digitalWrite(pinRELE, HIGH);
  delay(8000);
}

if (value>=37.4 ) {
  Serial.print("Value:");
  Serial.println(37.5);
  Serial.print("Temperatura corporal elevada, El Acceso se ha Bloqueado:");
  Serial.print("                ");
  digitalWrite(pinRELE, LOW);
  delay(5000);
}

value=0;
digitalWrite(pinRELE, LOW);
Serial.print("Bloqueo de puerta automático");

}
```

**ANEXO D: FOTORAFIAS DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE SISTEMA**











**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 06 / 07 / 2021

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> ARELLANO ESCOBAR MARIO ANDRÉS GRANIZO VALLES STEVEN VINICIO
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>Título a optar:</b> INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>

