



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y APLICADAS  
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TÍTULO: DISEÑO DE UN BRAZALETE INTELIGENTE QUE PERMITE  
ENVIAR UNA SEÑAL DE AUXILIO DE FORMA INALÁMBRICA.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de INGENIERO  
Electromecánico

**Autores:**

Cando Sangoquiza César Darío

Lema Cruz Estefanny Alejandra

**Tutor Tesis:**

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

**Latacunga – Ecuador**

**Marzo 2021**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Cando Sangoquiza César Darío y Lema Cruz Estefanny Alejandra, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO DE UN BRAZALETE INTELIGENTE QUE PERMITE ENVIAR UNA SEÑAL DE AUXILIO DE FORMA INALÁMBRICA”, siendo el Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez tutor del presente Trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

---

Cando Sangoquiza César Darío  
C.I. 050404493-4

---

Lema Cruz Estefanny Alejandra  
C.I. 050338637-7



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN BRAZALETE INTELIGENTE QUE PERMITE ENVIAR UNA SEÑAL DE AUXILIO DE FORMA INALÁMBRICA”, de los ponentes: Cando Sangoquiza César Darío y Lema Cruz Estefanny Alejandra, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2021

---

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

C.C. 0502529589



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Cando Sangoquiza César Darío y Lema Cruz Estefanny Alejandra con el título de Proyecto de titulación:

“DISEÑO DE UN BRAZALETE INTELIGENTE QUE PERMITE ENVIAR UNA SEÑAL DE AUXILIO DE FORMA INALÁMBRICA”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2021

Para constancia firman:

.....  
**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes

C.C: 0704400449

.....  
**Lector 2**

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas

C.C: 0502347768

.....  
**Lector 3**

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

C.C: 0502847692



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de existir, a mis padres, por el amor que me han brindado, la dedicación y sobre todo la paciencia que ellos me tienen, por ser los promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar y creer en mí. Gracias a mi madre por acompañarme en todos los momentos de mi vida y los consejos que desde niño me ha repetido y por cada una de las palabras que me guiaron durante mi vida.*

*Agradecer de forma especial a mi mejor amiga quien está ahí para escucharme, aconsejarme y por todo el apoyo moral que tenemos entre nosotros, a mis amigos y todos mis familiares cercanos por ser el apoyo y un pilar fundamental en aquellos momentos de dificultad y de debilidad e mi vida.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitir formarme, ser parte y un integrante más de la familia de la carrera de electromecánica, que ha sido como mi segundo hogar durante todo el proceso de mi vida universitaria.*

*Como no también agradecer a mi abuelito Luciano por el cariño, por su preocupación, por cada historia contada, por cada viaje realizado, por todas las noches de cantos, y por ser también un padre una madre un abuelo una abuela para mí, para todos sus nietros y todos sus hijos.*

*A mi tutor Ing. Luigi Freire y todas aquellas personas mencionadas anteriormente mi eterna consideración y gratitud.*

*César Darío*



## AGRADECIMIENTO

*Expreso mi gratitud y agradecimiento infinito a Dios por brindarme la salud, vida y darme la oportunidad de compartir este valioso momento con mis seres queridos, quienes han sido parte esencial para el logro de este objetivo.*

*A mi padre Marcelo, mi madre Carmen, mis hermanos, Roberto y Jessy por ser mi apoyo en momentos de debilidad y brindarme palabras sabias para seguir luchando.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas, a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Carrera de Ingeniería Electromecánica por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica, por permitirme tener compañeros y amigos presentes y pasados quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, a los docentes de la carrera que más que maestros y guías fueron mis amigos y unos excelentes seres humanos, quienes con su conocimiento dirigieron mi aprendizaje.*

*A mi tutor Ing. MSc. Luigi Freire Martínez quien puso todos sus conocimientos para que yo pudiera realizar esta investigación.*

*Estefanny Alejandra*



## DEDICATORIA

*Dentro de mi trayectoria por la vida me he dado cuenta que hay muchas cosas para las que soy bueno, encontré destrezas habilidades que jamás pensé que se desarrollaran en mí, dentro del desarrollo de este trabajo se presentaron muchos momentos en los cuales pareciera que no se podía realizar, pero también aprendí que en ese momento justo de debilidad llega una palabra de aliento, los ánimos y una voz que te dice en tu interior tu puedes, por todo quiero dedicar el presente trabajo con cariño, afecto y con todo mi corazón a mi madre pues sin ella no lo habría logrado, también a mis hermanos Viviana, Diego, Joel a mi padre Gerardo y también a mis sobrinos Sebastián y Gael por brindarme el apoyo, la comprensión, su tiempo, y su hombro para descansar.*

*Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo lo eh alcanzado, y sin pasar en alto a toda mi familia por confiar en mí, a mi abuelito, a mis tíos y primos, gracias por ser parte de mi vida y por darme la oportunidad de ser parte de su orgullo.*

*César Darío*



## DEDICATORIA

*Con afecto, cariño y candidez dedico el presente trabajo a mi padre Marcelo Lema, quien me enseñó a ser perseverante, a mi madre Carmen Cruz por brindarme su comprensión, cariño y amor, a mis hermanos Roberto que siempre ha estado junto a mí pese a la distancia física, brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre y Jessy que con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y cumpla con mis ideales.*

*A mis ahijadas quienes quiero con todo mi corazón Arianna y Rominna en realidad es una niña de 3 años que aún no sabe leer, así que a menos que alguien se lo diga, pasará un tiempo antes de que se entere.*

*A mi mejor amigo y mejor amiga quienes han estado en las buenas y en las malas brindándome sus palabras de aliento y apoyo incondicional.*

*Y finalmente quiero dedicar este trabajo a mí, para tener presente que soy capaz de alcanzar todo lo que me proponga y aunque a veces las cosas se tornen difíciles, pronto llega la luz.*

*Estefanny Alejandra*

## INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA .....	vii
INDICE .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xviii
1. INFORMACIÓN BÁSICA .....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.1 Título de la propuesta tecnológica.....	3
2.2 Tipo de propuesta alcance .....	3
2.3 Área del conocimiento.....	3
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	3
2.5 Objeto de estudio y campo de acción .....	4
2.5.1 Objeto de estudio.....	4
2.5.2 Campo de acción .....	4
2.6 Situación problémica y problema.....	4
2.6.1 Situación Problemática .....	4
2.6.2 Problema .....	5
2.7 Hipótesis o formulación de pregunta científica.....	5
2.8 Objetivo(s).....	6

2.8.1	Objetivo General .....	6
2.8.2	Objetivos Específicos .....	6
2.9	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	6
3.	MARCO TEÓRICO .....	8
3.1	Antecedentes.....	8
3.2.	Microcontrolador .....	10
3.3.	Instrumentación electrónica.....	10
3.3.1	Sistemas de medida .....	10
3.3.2	Funciones de un sistema de medida .....	11
3.4	Sensores .....	12
3.5	Signos vitales.....	12
3.5.1	Frecuencia cardíaca .....	13
3.6	Métodos de obtención de frecuencia cardíaca.....	15
3.6.1	Temperatura corporal .....	18
3.7	Módulo Bluetooth.....	19
3.7.1	Clases de módulos bluetooth.....	19
3.8	Inteligencia artificial.....	20
3.8.1	Machine learning.....	20
3.9	Deep learning.....	22
3.10	Redes neuronales .....	23
3.10.1	Arquitectura de las redes neuronales.....	23
3.10.2	Clasificación de Redes neuronales respecto al Aprendizaje .....	24
3.10.3	El entrenamiento de las redes neuronales .....	25
3.10.4	Aplicaciones de las redes neuronales .....	25
3.10.5	Red neuronal Backpropagation .....	26

3.11	Porcentaje de Femicidios en Ecuador .....	27
3.12	Situación Actual de personas afectadas por violencia intrafamiliar.....	27
4.	METODOLOGÍA.....	28
4.1	Implementación del proyecto .....	28
4.2	Requerimientos del sistema.....	28
4.3	Esquema general del proyecto.....	28
4.4	Diseño de hardware .....	29
4.4.1	Microcontrolador.....	30
4.4.2	Módulo Arduino Nano .....	30
4.4.1	Características del microcontrolador Arduino Nano.....	31
4.4.2	Recepción de información de signos vitales .....	32
4.4.3	Max 30100 .....	33
4.4.4	Sensor de temperatura LM35 .....	35
4.4.5	Antena Bluetooth .....	37
4.4.6	Implementación de Hardware .....	38
4.5	Ensamble del prototipo.....	43
4.5.1	Circuito de control.....	43
4.6	Cálculo ancho de pista.....	43
4.6.1	Unidad de control .....	44
4.7	Diseño del brazalete .....	45
4.8	Diseño de software .....	45
4.8.1	Algoritmos de funcionamiento.....	46
4.8.2	Transmisión de información .....	46
4.8.3	Diseño de la red neuronal.....	47
4.8.4	Diseño e implementación de la aplicación en Android.....	51

5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	54
5.1	Pruebas y resultados de medición de frecuencia cardíaca.....	54
5.1.1	Resultados de medición de temperatura.....	54
5.2	Pruebas de medición de temperatura .....	56
5.3	Red neuronal análisis de resultados.....	58
5.3.1	Base de datos y codificación .....	59
5.4	Medición de signos vitales usando el brazalete.....	59
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	61
6.1	Presupuesto.....	61
6.1.1	Costo por utilización de máquinas .....	61
6.1.2	Costo de mano de obra.....	62
6.1.3	Costos ingenieriles .....	62
6.1.4	Gastos directos totales.....	63
6.1.5	Gastos indirectos totales.....	63
6.1.6	Inversión total.....	63
6.2	Análisis de impactos.....	64
6.2.1	Impacto práctico:.....	64
6.2.2	Impacto tecnológico:.....	64
6.2.3	Impacto ambiental:.....	64
6.2.4	Impacto epistemológico: .....	64
6.3	Beneficiarios y Beneficios.....	64
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
7.1	Conclusiones.....	65
7.1	Recomendaciones .....	66
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Diagrama de Ishikawa.....	5
<b>Figura 3.1.</b> Arduino mini.....	10
<b>Figura 3.2.</b> Sistema de medida electrónico.....	10
<b>Figura 3.3.</b> Funciones de un sistema de medida.....	11
<b>Figura 3.4.</b> Tipos de Sensores .....	12
<b>Figura 3.5.</b> Tipos de sensores de frecuencia cardíaca .....	15
<b>Figura 3.6.</b> Principios de funcionamiento de la pulsioximetría por transmisión.....	15
<b>Figura 3.7.</b> Procesos de interacción de la luz con un tejido biológico. ....	16
<b>Figura 3.8.</b> Estimación de la frecuencia cardíaca temporal y espectral.....	17
<b>Figura 3.9.</b> Tipos de sensores de temperatura .....	18
<b>Figura 3.10.</b> Clases de módulos bluetooth.....	19
<b>Figura 3.11.</b> Aprendizaje supervisado .....	21
<b>Figura 3.12.</b> Aprendizaje no supervisado .....	21
<b>Figura 3.13.</b> Aprendizaje profundo. ....	22
<b>Figura 3.14.</b> Modelo de aprendizaje profundo .....	23
<b>Figura 3.15.</b> Arquitectura Perceptrón Multicapa.....	24
<b>Figura 4.1.</b> Esquema general del proyecto .....	29
<b>Figura 4.2.</b> Diagrama Representativo de Funcionamiento del Sistema a nivel de hardware. .	29
<b>Figura 4.3.</b> Diagrama de la distribución de pines del Arduino Nano .....	31
<b>Figura 4.4.</b> Diagrama representativo del MAX30100.....	34
<b>Figura 4.5.</b> Sensor LM35d.....	36
<b>Figura 4.6.</b> Diagrama representativo de la temperatura corporal .....	36
<b>Figura 4.7.</b> Conexión Modulo Bluetooth.....	38
<b>Figura 4.8.</b> Diseño de la placa .....	45
<b>Figura 4.9.</b> Diseño geométrico del Brazalete .....	45
<b>Figura 4.10.</b> Diagrama de flujo.....	46
<b>Figura 4.11.</b> Representación de interacción de los componentes del sistema de software ....	47
<b>Figura 4.12.</b> Representación del comportamiento de una red neuronal .....	47
<b>Figura 4.13.</b> Representación de una neurona simple.....	48
<b>Figura 4.14.</b> Representación de una neurona simple.....	49
<b>Figura 4.15.</b> Entrenamiento de la red neuronal .....	50
<b>Figura 4.16.</b> Programación de Android Studio por Java .....	52

<b>Figura 4.17.</b> Aplicación móvil.....	53
<b>Figura 4.18.</b> Envío de mensaje de texto .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Tareas por objetivos .....	7
<b>Tabla 3.1.</b> Valores normales de los signos vitales según la edad .....	13
<b>Tabla 3.2.</b> Valores normales de la frecuencia cardíaca en función de la edad .....	14
<b>Tabla 4.1.</b> Alternativas de microcontroladores.....	30
<b>Tabla 4.2.</b> Especificaciones técnicas del microcontrolador ATmega328P.....	32
<b>Tabla 4.3.</b> Alternativas de sensor de ritmo cardíaco.....	33
<b>Tabla 4.4.</b> Especificaciones técnicas del oxímetro max30100 .....	34
<b>Tabla 4.5.</b> Alternativas de sensores de temperatura .....	35
<b>Tabla 4.6.</b> Características del sensor LM35d .....	36
<b>Tabla 4.7.</b> Alternativas Bluetooth.....	37
<b>Tabla 4.8</b> Especificaciones del módulo Bluetooth .....	38
<b>Tabla 4.9.</b> Dispositivos electrónicos a utilizarse. ....	39
<b>Tabla 4.10.</b> Alternativas de baterías comerciales .....	41
<b>Tabla 4.11.</b> Especificaciones técnicas de la batería.....	42
<b>Tabla 5.1.</b> Resultados de frecuencia obtenidos del brazalete y el dispositivo comercial .....	55
<b>Tabla 5.2.</b> Frecuencia cardíaca de una persona en reposo.....	56
<b>Tabla 5.3</b> Termómetro de mercurio y Brazalete Inteligente en prueba de exactitud.....	57
<b>Tabla 5.4</b> Prueba de precisión de los dispositivos .....	58
<b>Tabla 5.5.</b> Mediciones con el brazalete .....	60
<b>Tabla 6.1.</b> Desglose de elementos .....	61
<b>Tabla 6.2.</b> Costo de alquiler de equipo .....	61
<b>Tabla 6.3.</b> Costo de mano de obra .....	62
<b>Tabla 6.4.</b> Costo de diseño de ingeniería.....	62
<b>Tabla 6.5.</b> Gastos directos totales .....	63
<b>Tabla 6.6.</b> Gastos indirectos totales .....	63
<b>Tabla 6.7.</b> Gastos totales.....	63



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

#### TITULO: “DISEÑO DE UN BRAZALETE INTELIGENTE QUE PERMITE ENVIAR UNA SEÑAL DE AUXILIO DE FORMA INALÁMBRICA”

**Autores:** Cando Sangoquiza César Darío

Lema Cruz Estefanny Alejandra

#### RESUMEN

El desarrollo de este prototipo se basa en la violencia de la integridad física de jóvenes, esto incluye múltiples consecuencias como físicas, sexuales, psicológicas; esto afecta negativamente el bienestar e impide su plena participación en la sociedad, así también esto impacta su familia, comunidad y el país por falta de sensación de bienestar y confianza sobre el medio en que se desenvuelven. Por esto surge la necesidad de crear un dispositivo que permita enviar una señal de alerta en caso de encontrarse en una situación de peligro y así, si es el caso poder socorrer tempranamente a la víctima. En la investigación se ha planificado utilizar como núcleo del proyecto una plataforma de desarrollo, la cual se comunicará con la aplicación que estará instalada en un Smartphone dando la alerta de auxilio, para esto el dispositivo sensa los principales signos vitales como: frecuencia cardíaca, temperatura para así determinar cuando una persona se encuentra en una situación de peligro. Se implementa una red neuronal que obtiene los signos vitales de una persona y así comparar si sobrepasan los rangos normales o de la misma manera si estos disminuyen, si estos datos medidos son alterados de forma inmediata quiere decir que la persona tiene un alto nivel de estrés o está en alguna situación de riesgo, se instala un módulo bluetooth en un microcontrolador el cual envía los datos de los signos vitales de la persona que ocupa el brazalete, este permite la comunicación con el Smartphone el cual enviará el mensaje de auxilio a números registrados en la app, y de la misma manera este envía la ubicación en tiempo real de la persona que se encuentre en peligro.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, dispositivo, microcontroladores, machine learning, frecuencia cardíaca.



**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED**  
**THEME: " DESIGN OF AN INTELLIGENT BRACELET THAT ALLOWS TO SEND**  
**A WIRELESS SIGNAL OF HELP "**

**Authors:** Cando Sangoquiza César Darío  
Lema Cruz Estefanny Alejandra

**ABSTRACT**

The development of this prototype is based on the violence of the physical integrity of young people, this includes multiple physical, sexual and psychological assaults; this negatively affects the welfare and prevents their full participation in society, as well as this impacts their family, community and the country for lack of sense of well-being and confidence about the environment in which they develop. For this reason, the need arises to create a device that allows to send an alert signal in case of being in a dangerous situation and thus, if it is the case, to be able to rescue the victim early. In the research it has been planned to use as the core of the project a development platform, which will communicate with the application that will be installed on a Smartphone giving the distress alert, for this, the device senses the main vital signs such as: heart rate, temperature to determine when a person is in a dangerous situation. A neural network is implemented in order to obtain the person's vital signs and thus compare if they exceed the normal ranges or in the same way if they decrease, if these measured data are altered immediately means that the person has a high level of stress or is in a risky situation, A Bluetooth module is installed in a microcontroller which sends the data of the vital signs of the person who wears the bracelet, this allows the communication with the Smartphone which will send the distress message to numbers registered in the app, and in the same way this sends the real-time location of the person who is in danger.

**Keywords:** Artificial intelligence, device, microcontrollers, machine learning, heart rate



### AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**: Cando Sangoquiza César Darío y Lema Cruz Estefanny Alejandra, cuyo título versa **“DISEÑO DE UN BRAZALETE INTELIGENTE QUE PERMITE ENVIAR UNA SEÑAL DE AUXILIO DE FORMA INALÁMBRICA”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

**M.Sc. ERIKA CECILIA BORJA SALAZAR**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**0502161094**

1803027935 Firmado digitalmente  
VICTOR HUGO por 1803027935  
ROMERO VICTOR HUGO  
GARCIA ROMERO GARCIA  
Fecha: 2021.03.06  
15:19:03 -05'00'

## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **Propuesto por:**

Cando Sangoquiza César Darío.

Lema Cruz Estefanny Alejandra.

### **Tema aprobado:**

“Diseño de un brazalete que permite enviar una señal de auxilio de forma inalámbrica.”

### **Carrera:**

Ingeniería Electromecánica.

### **Director del proyecto de titulación:**

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

### **Equipo de trabajo:**

#### **Tutor**

Nombres: Luigi Orlando  
Apellidos: Freire Martínez  
Cédula de Identidad: 0502529589  
Email: luigi.freire@utc.edu.ec

#### **Ponente 1**

Nombres: César Darío  
Apellidos: Cando Sangoquiza  
Cédula de Identidad: 0504044934  
Email: cesar.cando4934@utc.edu.ec

## **Ponente 2**

Nombres: Estefanny Alejandra  
Apellidos: Lema Cruz  
Cédula de Identidad: 0503386377  
Email: estefanny.lema6377@utc.edu.ec

### **Lugar de ejecución:**

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Felipe.

### **Tiempo de duración del proyecto:**

6 meses.

### **Fecha de entrega:**

Febrero del 2021.

### **Línea (s) y sublíneas de investigación a las que se asocia el proyecto:**

Líneas de investigación: Tecnologías de la información y comunicación (TICS) y diseño gráfico.

Sub líneas de investigación: Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

### **Tipo de propuesta tecnológica:**

El tipo de propuesta tecnológica corresponde al diseño de un brazalete inteligente que permite enviar una señal de auxilio de forma inalámbrica, utilizando los sensores de frecuencia cardíaca y temperatura, que permita con los valores obtenidos poder enviar un SMS de auxilio a los contactos de emergencia aplicando la inteligencia artificial para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1 Título de la propuesta tecnológica**

Diseño de un brazalete inteligente que permite enviar una señal de auxilio de forma inalámbrica.

### **2.2 Tipo de propuesta alcance**

Se pretende crear un dispositivo que permita enviar una señal de alerta en caso de encontrarse en una situación de peligro y así, si es el caso poder socorrer tempranamente a la víctima, implementando la machine learning donde compare las mediciones de variables físicas como la frecuencia cardíaca para así comparar si sobrepasan los umbrales de los niveles normales y enviar una señal de auxilio.

### **2.3 Área del conocimiento**

Según la Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología el área de conocimiento se encuentra bajo el grupo de especialidad:

- 12 Matemáticas, dentro de esta se encuentra la disciplina 1203 Ciencias de los Ordenadores en cuanto a esta se refiere están las subdisciplinas como Inteligencia Artificial, Diseño Con Ayuda del Ordenador, Lenguajes de Programación.
- 33 Ciencias Tecnológicas, dentro de esta se encuentra la disciplina 3311 Tecnología de la Instrumentación en cuanto a esta se refiere está la subdisciplina como Instrumentos Electrónicos.

### **2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica**

Se implementará un sistema inteligente que podrá obtener los signos vitales de una persona y así comparar si sobrepasan los umbrales de los niveles normales o de la misma manera si estos disminuyen, si estos datos medidos son alterados quiere decir que la persona tiene un alto nivel de estrés o está en alguna situación de riesgo, se instalara un módulo bluetooth en un microcontrolador el cual sensorará los signos vitales de la persona que ocupa la manilla, la cual se comunicará con nuestro Smartphone el cual enviara el mensaje de auxilio o realizar una llamada de contactos de emergencia que se añadido, y de la misma manera este le dará la ubicación en tiempo real de la persona que se encuentre en peligro, se ha pensado en esta aplicación debido a que muchas veces ante una amenaza personal resulta casi imposible sacar el teléfono inteligente de su bolsillo o bolso, desbloquearlo y enviar un mensaje de emergencia,

en particular el brazalete inteligente podría marcar la diferencia al transmitir ese SMS crucial con sus datos de ubicación a sus seres queridos.

## **2.5 Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Prototipo de un brazalete inteligente que permite enviar una señal de auxilio de forma inalámbrica con un mensaje de emergencia a un destinatario.

### **2.5.2 Campo de acción**

52 Ingeniería y profesiones afines

58 Arquitectura y construcción

## **2.6 Situación problemática y problema**

### **2.6.1 Situación Problemática**

En cuanto a lo que se refiere a la violencia física el Ministerio del Interior alude que las principales problemáticas de inseguridad que se reflejan en Latacunga están enfocadas en la violencia de género, las drogas y la seguridad vial.

Ahora según lo que menciona el periódico la Hora (2019) “La plataforma de monitoreo ha detectado un incremento significativo de violencia de género que corresponde a asesinatos, el 36% de femicidios y el 14% homicidios. El 21% de casos corresponde a delincuencia común (robo a personas y violación) y el 79% violencia comunitaria e intrafamiliar (riñas y femicidios). De los hechos registrados el 46% de los eventos fueron en espacios públicos y el 57% en espacios privados donde como Policía Nacional no tienen ningún acceso y que solo pueden ingresar ante el cometimiento de un delito violencia se indica que en Cotopaxi de los 15 casos de muertes violentas el 50%.”

Por lo cual existen factores estructurales y sociales que han producido la discriminación de género de una forma sistemática, que impide notablemente el libre ejercicio de los derechos humanos. La principal problemática es que no se ha hecho absolutamente nada para bajar estos porcentajes es decir no hay un dispositivo que promueva la confianza para moverse libremente para sentirse seguro y protegido. Por esta razón se propone realizar un proyecto que permita encontrar una solución para bajar los porcentajes de violencia de género emitidos por la plataforma de monitoreo, es decir un dispositivo fácil de llevar que una vez que se ha detectado

una situación de riesgo reaccione automáticamente, aportando un valioso conocimiento en el área de seguridad y profesional que incide la Ingeniería Electromecánica.

### 2.6.2 Problema

Carencia de un dispositivo que permita sentir los signos vitales de las personas y envíe información en tiempo real cuando estas están expuestas a diferentes tipos de situaciones de riesgo que sea de bajo costo ya que los existentes en la ciudad de Latacunga no son accesibles para todas las personas.

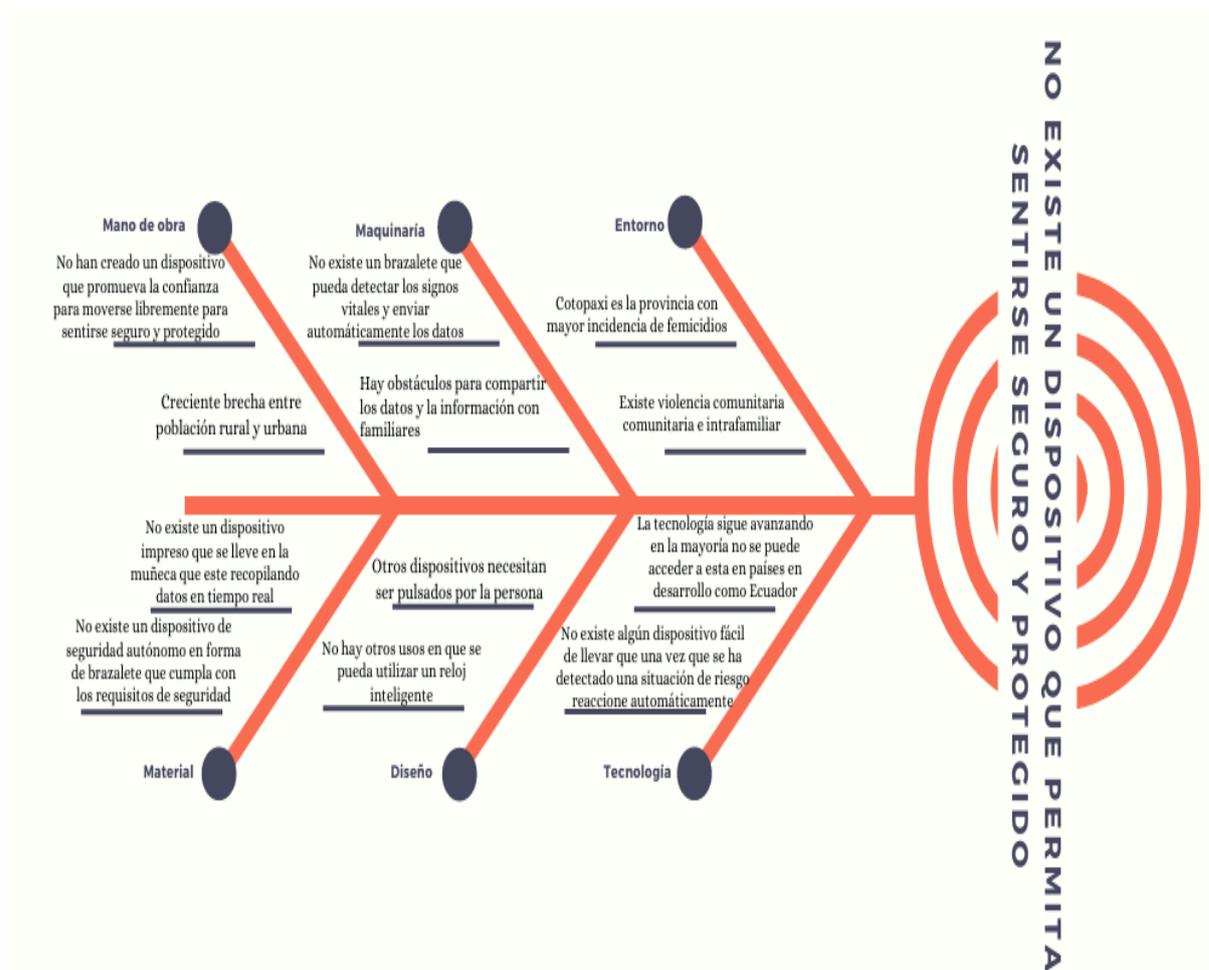


Figura 2.1 Diagrama de Ishikawa

### 2.7 Hipótesis o formulación de pregunta científica

¿Es factible diseñar un prototipo de brazalete que mida los signos vitales de las personas como ritmo cardíaco, temperatura, los cuales son alterados cuando las personas están frente a una situación de riesgo, lo cual permitirá que se pueda enviar una señal de auxilio de forma inalámbrica a números de celulares que se encontraran registrados en la aplicación móvil?

## **2.8 Objetivo(s)**

### **2.8.1 Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de brazalete que permita el envío de un mensaje de emergencia a un contacto registrado mediante el monitoreo de signos vitales de una persona cuando esta se encuentre en situaciones de peligro.

### **2.8.2 Objetivos Específicos**

- Investigar cómo se comporta los signos vitales de una persona a diferentes actividades y situaciones de riesgo mediante referencias bibliográficas.
- Identificar los dispositivos electrónicos idóneos para la obtención de señales de frecuencia cardíaca, temperatura en caso de que una persona se encuentre en una situación de peligro.
- Implementar una red neuronal para el pronóstico de las situaciones de peligro que atraviesa el usuario.
- Diseñar una aplicación app Android para la visualización de signos vitales de una persona y el envío de la ubicación en tiempo real de la misma.

## **2.9 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos**

El objetivo principal de un proyecto es administrar, planificar, coordinar, dar seguimiento y control de todas las actividades y los recursos asignados para la ejecución del proyecto de una forma que se pueda cumplir con el alcance en el tiempo establecido y con los costos presupuestados.

Por lo que es significativo efectuar la representación del transcurso de las actividades y tareas propuestas con los objetivos determinados para orientar el proceso de cumplimiento del proyecto, cada actividad a formalizar cumple un papel trascendente en el logro del proyecto tecnológico.

La Tabla 2.1. Muestra el detalle del sistema de tareas en base a los objetivos planteados.

**Tabla 2.1.** Tareas por objetivos

<b>Objetivo específico</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medio de verificación</b>
Investigar cómo se comporta los signos vitales de una persona a diferentes actividades y situaciones de riesgo mediante citas bibliográficas y médicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica</li> <li>• Consultas a personas especializadas en salud.</li> </ul>	Tabla de rangos de frecuencia y temperatura	Documentos de archivos
Identificar los dispositivos electrónicos idóneos para que obtengan la variación de los niveles de frecuencia cardíaca, temperatura en caso de que una persona se sienta en una situación de peligro.	Revisión bibliográfica de fuentes secundarias.	Selección de microcontroladores, sensores y materiales de construcción	Documento de archivo
Implementar una red neuronal para el pronóstico de las situaciones de peligro que atraviesa el usuario.	Revisión de fuentes bibliográfica	Ejecución de la red neuronal	Red neuronal
Diseñar una aplicación app Android para la visualización de signos vitales de una persona y el envío de la ubicación en tiempo real de la misma.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de datos de variables físicas</li> <li>• Pruebas de comunicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de la adquisición de datos</li> <li>• Plantilla de comunicación de información</li> <li>• Comunicación de información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documento de archivo</li> <li>• Plantilla de información recopilada</li> </ul>

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

Las redes neuronales son sistemas computacionales, las cuales son inspiradas en las neuronas que componen el cerebro de los animales, concediendo a los ordenadores de inteligencia artificial. Las redes neuronales están realizadas por unidades básicas llamadas neuronas que se conectan entre sí y de esta manera forman una red neuronal. El objetivo de estos algoritmos es entender datos del mundo real (imágenes, texto, voz, etc.), procesarlos y clasificarlos o etiquetarlos. Como en el cerebro humano, una de las características más importantes de las redes neuronales es su poder de aprendizaje.

Los signos vitales de una persona son alterados de una forma diferente a cada situación que la persona este expuesta y cada uno de estos nos puede ayudar a detectar enfermedades o situaciones que la persona este atravesando en esos momentos.

Se menciona a continuación algunos trabajos realizados para la medición de signos vitales y diferentes aplicaciones que se le dieron a estas mediciones.

Pulsioxímetro de muñeca con sonda de adulto reutilizable es aquel que nos permite monitorizar constantemente, es adaptable a la muñeca o antebrazo con transmisión de datos a PC, son necesarios para hacer una evaluación de pacientes críticos en atención primaria y en pilotos que dirigen aeronaves despresurizados. Entre sus características tiene una batería con duración de 20 horas a través de su sonda, mide la frecuencia de pulso y la saturación de oxígeno. Es pequeño, ligero y fácil de transportar se lo puede utilizar antes, durante o después de una actividad deportiva. También en la casa, en el hospital o lugares externos[1].

Sistema inteligente de monitoreo y seguimiento de la atención médica en tiempo real utilizando tecnologías GSM / GPS, donde los autores implementaron un sistema inteligente de monitoreo y rastreo de la atención médica en tiempo real utilizando tecnologías GSM / GPS el cual ha aumentado rápidamente, y se ha propuesto sistemas inteligentes para que permita monitorear las situaciones de salud que actualmente el usuario presenta, en este tipo sistema propuesto e implementado, se orienta en monitorear la presión arterial del paciente y la temperatura de su cuerpo. Mediante las estadísticas de la historia clínica de la década pasada, la mortalidad de personas han aumentado por motivos de cardiopatía hipertensiva muestran que la presión arterial es un factor de riesgo crucial para la aterosclerosis y las cardiopatías isquémicas; Por lo que se necesita de ciertas intervenidas de prejuicio contra la presión arterial sobre todo cuando

esta se eleva dicho esto se necesita contar con la posibilidad de rastrear y de esta forma socorrer tempranamente al paciente dando como resultado salvar la vida del paciente en el momento oportuno ya que esto es una necesidad esencial para la humanidad [2].

Mediante la implementación de un dispositivo de protección infantil fácil de usar, donde los autores mencionan que es un instrumento que está dirigido a salvaguardar a los niños pequeños contra el robo y su desaparición en lugares de aglomeraciones en ciertas horas del día, la peculiaridad más importante de este dispositivo es que es muy fácil de usar para niños pequeños es su capacidad de control remoto mediante el uso de un teléfono celular y un sistema global de comunicación móvil (GSM). El diseño de este dispositivo tuvo como finalidad permitir que los tutores o padres vigilen a sus hijos sin evitar que los niños se distraigan realizando actividades de diversión. Los diferentes dispositivos que existen en el mercado hacen que un seguimiento de la acción de los niños usando la red Wi-Fi o Bluetooth, pero todos estos dispositivos plantean una pregunta sobre su eficacia debido a que estas presentan limitaciones de alcance mediante la comunicación de las tecnologías Wi-Fi y Bluetooth. Este prototipo se enfatiza directamente en resolver esa limitante de comunicación en la cual va incorporando un intercambio de mensajes basado en la tecnología GSM entre el dispositivo portátil que utiliza el niño y el teléfono celular de los padres o cuidadores. GSM sirve como medio de correspondencia versátil ya que no está limitado en términos de alcance de comunicación como el de Wi-Fi o Bluetooth y es una tecnología comparativamente ubicua. Este dispositivo puede responder al breve memorándum del tutor enviado desde su teléfono celular buscando la situación actual de su barrio o su paradero, o activando la señal de socorro SOS o el zumbador implantado en el dispositivo portátil. La respuesta del dispositivo incluye un texto que se refiere a la ubicación actual del niño que, después de tocarlo, dará paso a la ubicación del niño utilizando la aplicación de mapa predeterminada [3].

Diseño de un accesorio inteligente modular en tiempo real, el cual se enfoca en la funcionalidad de la rutina diaria de las personas, así como la agregación de particularidades de seguridad que pretenden ayudar a la seguridad de las mujeres y los niños. La idea del módulo es exponer que solo se puede usar un conjunto de características en función del usuario final. El documento se centra en el diseño y la implementación de un prototipo que funcione mediante un accesorio inteligente modular en tiempo real que interactúa con un celular inteligente mediante la conexión Bluetooth y tiene incluida las funciones adicionales como monitoreo de frecuencia cardíaca, acelerómetro y capacidad GSM a través de la disponibilidad de una función de seguridad SOS (señal de socorro) en la punta del dedo [4].

### 3.2. Microcontrolador

Un microcontrolador es un pequeño circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes que se graba en su memoria, este compuesto de varios bloques funcionales mediante las cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador contiene en su interior las tres primordiales unidades funcionales de una computadora como es: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos tanto de entradas como de salidas. El microcontrolador se aplica en toda clase de inventos y productos donde se requiere seguir un proceso automático dependiendo de las condiciones de distintas entradas [5].



**Figura 3.1.** Arduino mini

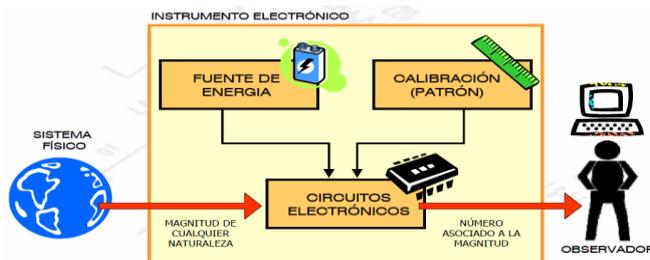
**Fuente:**[5].

### 3.3. Instrumentación electrónica

La instrumentación electrónica es una técnica en la cual permite la medición de cualquier magnitud física y su conversión a una señal eléctrica esta se aplica cuando se utiliza un sensor y se procesa la información procedente de las variables tanto físicas como químicas, a partir de estas se realiza la visualización y se procede con el control del sistema que se está diseñando, en la cual se emplea dispositivos electrónicos [6].

#### 3.3.1 Sistemas de medida

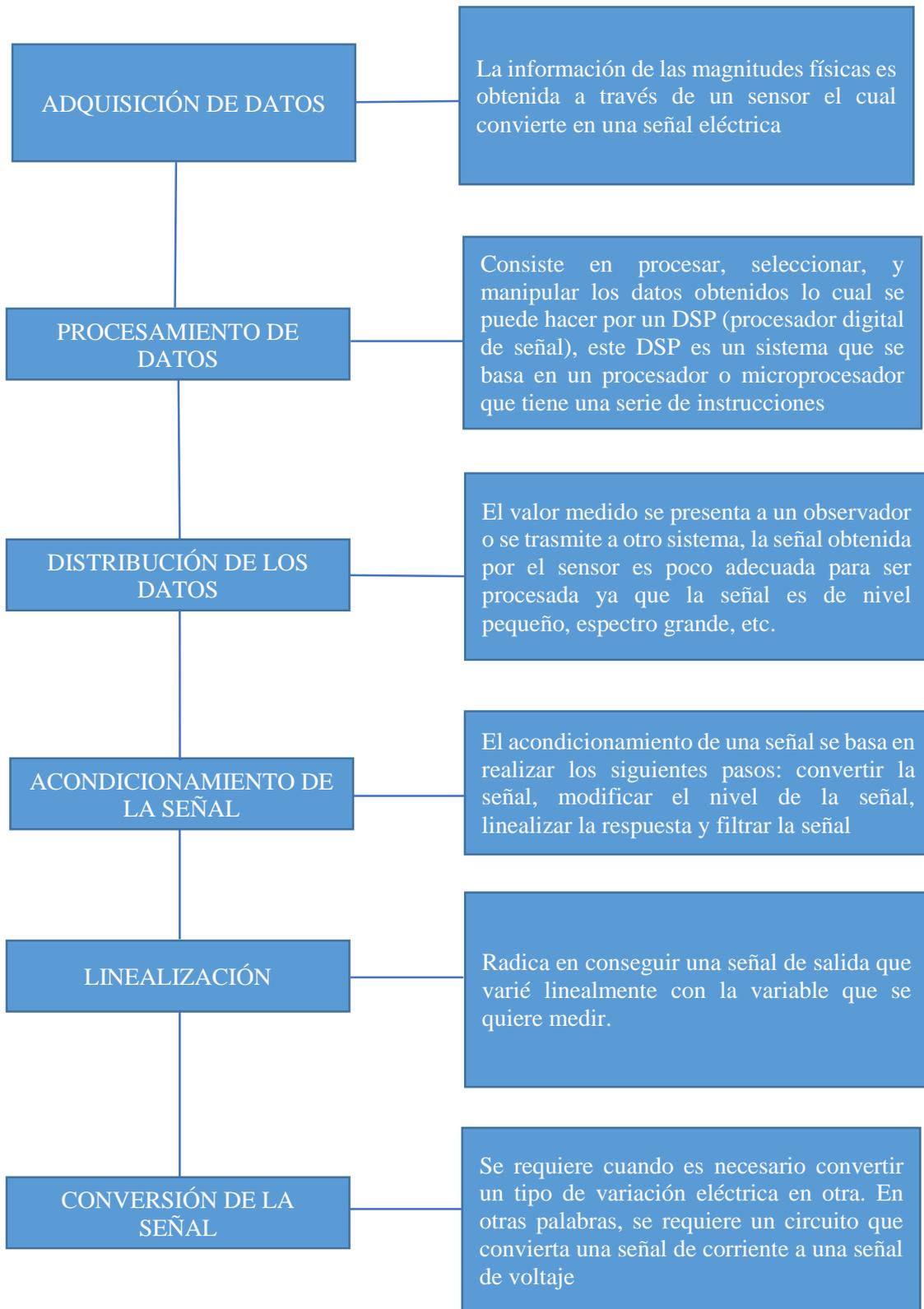
Un sistema de medida es aquel que tiene por finalidad obtener información acerca de un proceso físico y presentar esta información de manera adecuada a un observador o a su bien a otro sistema de control.



**Figura 3.2.** Sistema de medida electrónico

**Fuente:**[6].

### 3.3.2 Funciones de un sistema de medida

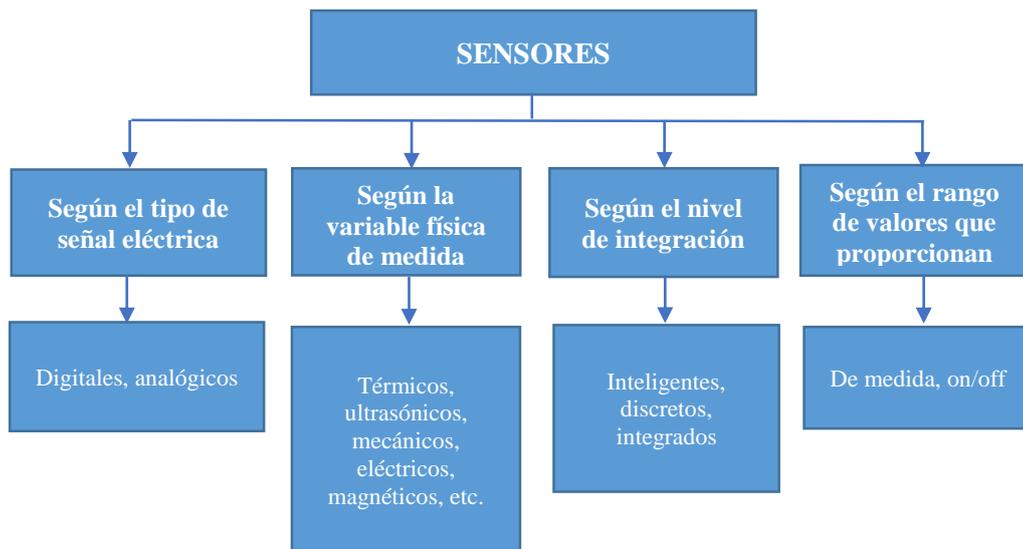


**Figura 3.3.** Funciones de un sistema de medida

### 3.4 Sensores

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que tiene la propiedad de convertir magnitudes físicas como: luz, magnetismo, temperatura, entre otras, en valores medibles de dicha magnitud esto se realiza mediante 3 fases:

- La magnitud física a ser medida es absorbida por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- Esta señal eléctrica es transformada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un convertor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta [7].



**Figura 3.4.** Tipos de Sensores

### 3.5 Signos vitales

Los signos vitales (SV) son valores que nos permiten apreciar la efectividad de la circulación, de la respiración y de las funciones neurológicas basales y su réplica a diferentes estímulos fisiológicos y patológicos. Son la cuantificación de acciones fisiológicas, como la frecuencia (FC), la frecuencia respiratoria (FR), la temperatura corporal (TC), la presión arterial (TA) y la oximetría (OXM), que indican que una persona se encuentra con vida y la calidad del funcionamiento orgánico de la misma. Los signos vitales cambian de un individuo a otro y en el mismo ser en diferentes momentos del día y de las circunstancias que se encuentra presente, cualquier alteración de los valores normales, orienta hacia un inapropiado funcionamiento

orgánico y por ende se debe sospechar de un estado mórbido. Las principales variables que alteran los signos vitales son la edad, sexo, ejercicio físico, embarazo, estado emocional, hormonas, medicamentos, estado hemodinámico [8].

**Tabla 3.1.** Valores normales de los signos vitales según la edad

<b>Edad</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Pulso (lat./min)</b>	<b>Respiración (resp./min)</b>	<b>Presión sanguínea (mmHg)</b>
Recién nacido	36.8 (axial)	80-180	30-60	73-55
1-3 años	37.7 (rectal)	80-140	20-40	90-55
6-8 años	37(bucal)	75-120	15-25	95-75
10 años	37(bucal)	75-110	15-25	102-62
Adolescentes	37(bucal)	60-100	15-20	102-80
Adultos	37(bucal)	60-100	12-20	120-80
>70años	37 (bucal)	60-100	15-20	120-80

**Fuente:**[8].

### 3.5.1 Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto). Para la correcta actividad del organismo es necesario que el corazón funcione bombeando la sangre hacia todos los órganos, pero aparte de esto debe hacer a una determinada presión (presión arterial) y a una determinada frecuencia. Dada la importancia de este proceso, es normal que el corazón requiera en cada latido un alto empleo de energía [9].

La Asociación Americana del Corazón (AHA, por sus siglas en inglés) establece que la velocidad de los latidos del corazón se altera como resultado de una actividad física, las amenazas a la seguridad y las respuestas emocionales. Por ejemplo, al estar asustado o sorprendido libera automáticamente la adrenalina, una hormona, para acelerar el ritmo cardíaco. Esto prepara al cuerpo para usar más oxígeno y energía para escapar o enfrentar el peligro potencial y de la misma manera menciona que la frecuencia cardíaca máxima debe ser aproximadamente igual a 220 lpm menos la edad de la persona[10].

**Tabla 3.2.** Valores normales de la frecuencia cardíaca en función de la edad

Edad	Frecuencia del pulso	
	Rango	Promedio
Recién nacidos hasta 1 mes	80-180	130
1 año	80-140	120
2 años	80-130	110
6 años	75-120	100
10 años	50-90	70
Adulto	60-100	80

Fuente:[10].

### 3.5.1.1 Frecuencia cardíaca de reposo

Es aquella frecuencia cardíaca mínima que posee el cuerpo humano en un estado de reposo, el promedio de esta frecuencia cardíaca de reposo puede ser de 60 a 80 BPM.

### 3.5.1.2 Frecuencia cardíaca máxima

La frecuencia cardíaca máxima (FCM) es el valor máximo en que un sujeto alcanza en un esfuerzo máximo. Se basa en un valor muy confiable, que se mantiene constante a corto plazo. Esta frecuencia puede ser medida a través de la siguiente ecuación. La misma que depende de la edad que posea una persona.

$$FC \text{ max (hombre)} = 209 \text{ lpm} - (0.7 * \text{edad}) \quad (1)$$

$$FC \text{ max (mujer)} = 214 \text{ lpm} - (0.8 * \text{edad}) \quad (2)$$

### 3.5.1.3 Sensores de frecuencia cardíaca

Instrumentos diseñados especialmente para sensar la frecuencia cardíaca a través de leds uno de espectro rojo y el otro de espectro infrarrojo, el cual va ubicado en el dedo el cual detecta la luz reflejada y determina el grado de saturación y se diferencian principalmente el nivel de precisión en las mediciones que ofrecen.

### 3.5.1.4 Tipos de sensores de frecuencia cardíaca

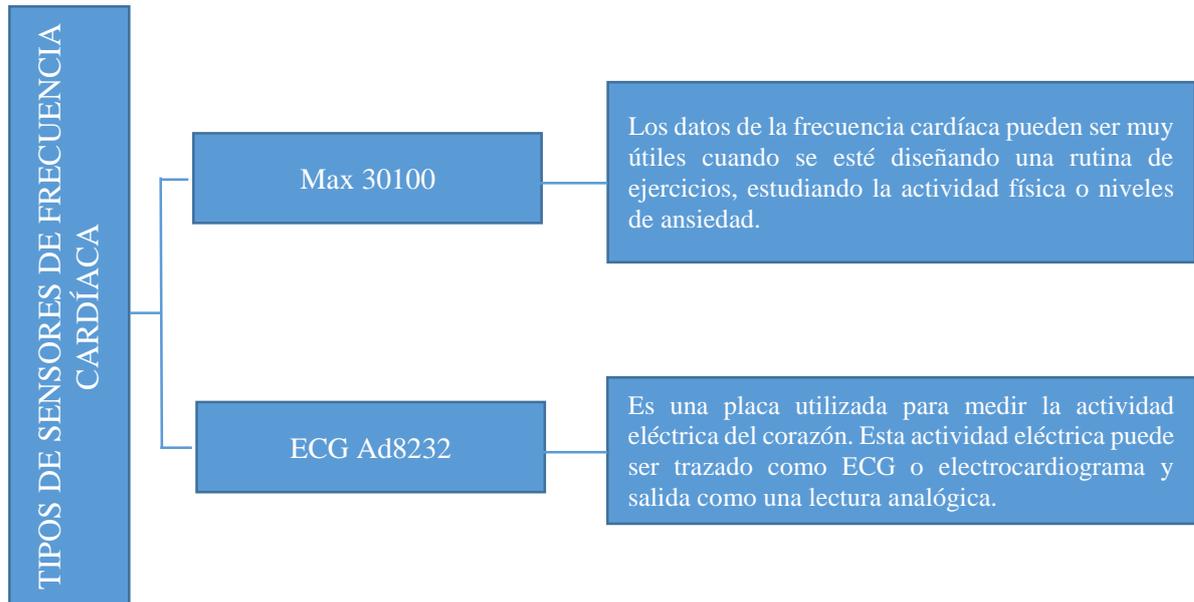


Figura 3.5. Tipos de sensores de frecuencia cardíaca

### 3.6 Métodos de obtención de frecuencia cardíaca

La pulsioximetría es un método simple no invasivo, que permite la medición del porcentaje de hemoglobina saturada con oxígeno de manera periférica. Como solución más empleada, la técnica se basa en la emisión alterna de dos longitudes de onda específicas a través de la sangre, y un fotodiodo, ubicado diametralmente, para lograr captar la cantidad de luz que no es absorbida.

Esta técnica, conocida como de transmisión, es sustituida en otros casos por una técnica de reflexión, en la que emisores y detector están en el mismo plano, y la luz medida es la reflejada por el tejido[11].



Figura 3.6. Principios de funcionamiento de la pulsioximetría por transmisión

Fuente:[11].

- **Fundamentos científicos y tecnológicos**

El método de la pulsioximetría se basa en la emisión alterna de dos longitudes de onda diferentes (roja e infrarroja), que son transmitidas por un emisor hasta un fotodetector a través de la sangre oxigenada, atravesando también otros tejidos como uñas, piel y hueso.

- **Características ópticas de la piel y el tejido**

Cuando una luz láser interactúa con la piel hay cuatro posibles interacciones; Reflexión, esparcimiento, absorción y transmisión.



**Figura 3.7.** Procesos de interacción de la luz con un tejido biológico.

**Fuente:**[11].

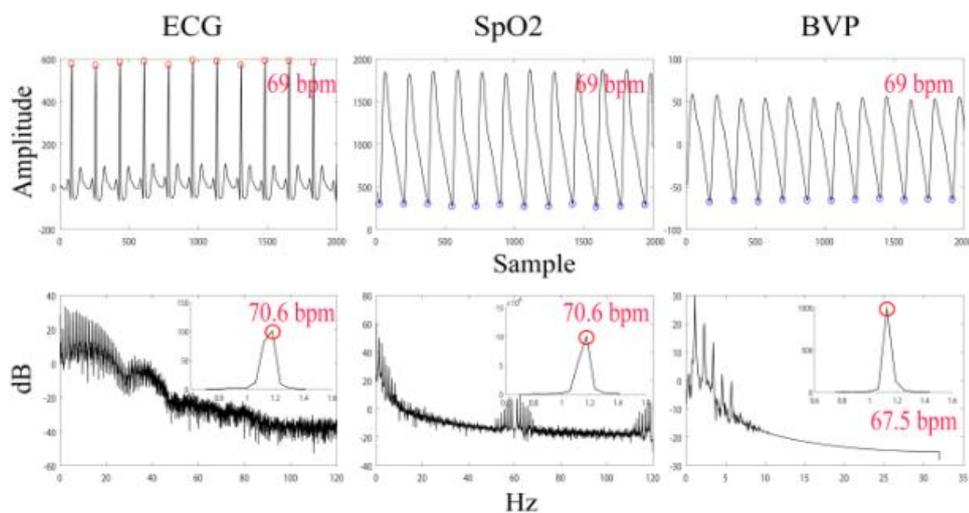
En la propagación óptica en materiales biológicos domina el esparcimiento sobre la reflexión, debido a que las estructuras celulares de las que están compuestos los tejidos no son homogéneas. Además, los orgánulos y algunas células tienen un tamaño comparable al de la longitud de onda de la luz.

Cuando la luz entra en contacto con la materia algunos fotones logran penetrar el tejido (aquellos que no fueron reflejados en la capa superficial). Estos fotones interactúan con los electrones de las capas exteriores de las moléculas que conforman las células. De estas interacciones puede surgir que el fotón sea absorbido o que sea esparcido.

En los últimos años también se ha multiplicado el número de estudios sobre pulsioximetría reflexiva, debido a los inconvenientes que los pulsioxímetros que funcionan mediante transmisión de la luz presentan. El principal problema de la pulsioximetría mediante transmisión, es la limitación de las zonas en la que es capaz de funcionar, siendo estos lugares partes periféricas del cuerpo como los dedos o las orejas. Ya que si se mide en la muñeca se debe tomar en cuenta el volumen sanguíneo son todas las células y el plasma que se encuentra en el sistema vascular. Éste difiere por las condiciones de edad, sexo, peso y estatura[11].

- **Comparación de señales de fotopletismografía en muñeca y señales del pulsioxímetro de dedo**

Se realizó un estudio a catorce pacientes entre 9 y 91 que ingresaron en las unidades de cuidados intensivos del Centro Médico de la Universidad de California en San Francisco- EE.UU entre octubre del 2016 y enero del 2018 fueron seleccionados aleatoriamente para usar una pulsera donde los datos de onda BVP se registraron con ayuda de esta. Posteriormente se utilizó el pulsioxímetro de pulso en la yema del dedo donde también se fueron registrando los datos obtenidos SpO2 con el fin de evaluar su precisión en la estimación de la frecuencia cardíaca; y evaluar si la fotopletismografía de la arteria radial refleja los mismos cambios cardiovasculares que se registraron en los capilares periféricos de la mano y dedo. Los análisis se llevaron a cabo en Matlab. Estos pulsos y latidos detectados se compararon en segmentos de 30 segundos de BVP, SpO2 así también El ECG de coincidencia de tiempo y las frecuencias cardíacas estimadas utilizando el análisis de densidad espectral de potencia. En este estudio se llegó a la conclusión que el pulsioxímetro de dedo es más preciso comparado con la fotopletismografía de la muñeca. Debido a que hubo los picos que coincidieron con la onda del ECG, mientras las señales de fotopletismografía no lo hicieron. Para esto se tomó en cuenta que cinco de los catorce pacientes inscritos en el estudio tenían 30 minutos o menos de segmentos acumulativos de buena calidad y no se analizaron más. Analizando se percibió que en los cinco pacientes, las grabaciones de BVP tenían muy pocos segmentos (menos de 2 min) de segmentos de buena calidad, mientras que las grabaciones de SpO2 en tres de estos cinco pacientes eran totalmente de mala calidad[12].



**Figura 3.8.** Estimación de la frecuencia cardíaca temporal y espectral.

**Fuente:**[12].

### 3.6.1 Temperatura corporal

La temperatura corporal es la diferencia entre la cantidad de calor producida por el cuerpo y la que se libera al ambiente por el mismo, esta medida por lo general se realiza en grados. Los procesos metabólicos de los tejidos centrales del cuerpo son los que generan el calor transferido a la superficie de la piel por la sangre circulante y luego se disipa al medio ambiente.

La temperatura corporal central es más elevada que la de la superficie del cuerpo y en circunstancias normales se conserva dentro de un rango de 36.0 a 37.5°C (97.00°F a 99.5°F).

La variación normal de los valores de la temperatura corporal va cambiando con el paso del día es decir en la mañana la temperatura corporal es más baja que al finalizar la tarde.[13]

La temperatura se difiere según la parte del cuerpo que se presente; la temperatura corporal central es más elevada que la temperatura superficial, por lo general suele medirse en el tímpano o en el recto, pero también puede obtener en el esófago, arteria pulmonar o vejiga mediante dispositivos de medición invasivos, la temperatura corporal superficial se mide en la boca (sublingual), la axila y otros sitios de la superficie cutánea [14].

#### 3.6.1.1 Sensores de temperatura corporal

La temperatura es una medida física, que es utilizada comúnmente por los ingenieros y científicos a nivel mundial, y puede ser medida por una gran diversidad de sensores. Todos estos tipos de sensores adquieren la temperatura detectando algún tipo de cambio en esta propiedad física.

#### 3.6.1.2 Tipos de sensores de temperatura

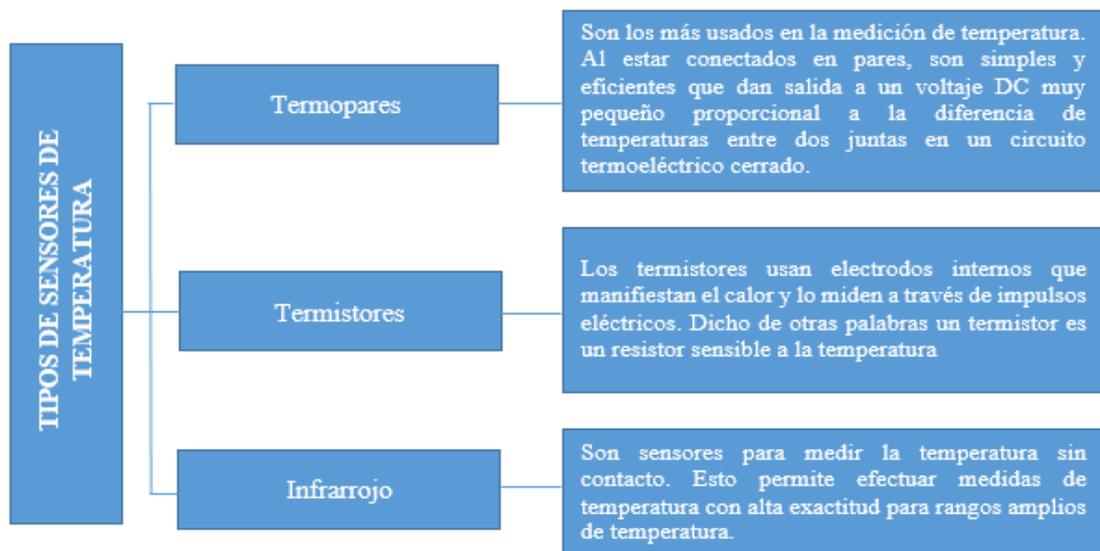


Figura 3.9. Tipos de sensores de temperatura

### 3.7 Módulo Bluetooth

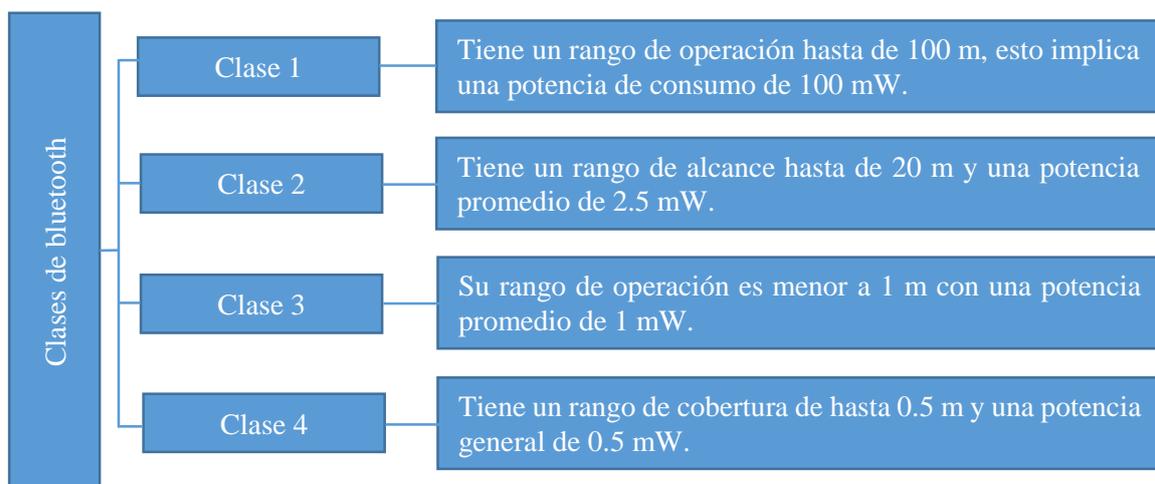
Bluetooth es una interfaz mundial el cual nos permite la conexión de forma inalámbrica de una serie de dispositivos electrónicos y realizar la transmisión de datos y voz entre ellos, todo esto es factible para transmisiones que necesitan poco ancho de banda. Bluetooth nos facilita la vida y nos permite reducir el uso de cables para la interconexión entre equipos o dispositivos. Además de eso, es una tecnología barata y por esta razón Bluetooth ganó popularidad, haciéndose uno de las principales tecnologías de conexión entre dispositivos de la actualidad. Existen algunos dispositivos que pueden ser conectados vía bluetooth, entre ellos tenemos: Smartphone o teléfonos celulares, notebooks, videojuegos, impresoras, teclados, etc. La transmisión de voz y datos se realiza mediante enlaces de radiofrecuencia entorno a la banda de los 2,4 Ghz, la cual es una tecnología de corta alcance. Hasta el momento podemos encontrar 5 tipos de versiones de bluetooth, donde los rangos de ancho de banda de estas se encuentran entre 1 y 24 Mbit/s [15].

El sistema Bluetooth consta de las siguientes:

- Una unidad de radio
- Una unidad de control del enlace
- Gestión del enlace
- Funciones software

#### 3.7.1 Clases de módulos bluetooth.

Los dispositivos bluetooth se clasifican en cuatro clases de acuerdo a su capacidad:



**Figura 3.10.** Clases de módulos bluetooth

### **3.8 Inteligencia artificial**

Actualmente es complicado hallar una explicación frecuente de lo que se conoce como IA. A menudo se refiere al campo de las ciencias de la computación que trata de copiar los procesos cognitivos humanos, la capacidad de aprendizaje y el almacenamiento de entendimiento.

Otros conceptos lo estudian en un sentido más completo, a través de la razón y fabricación de entidades inteligentes, regularmente entendidas como software informático. Hay que centrarse en el tipo de tareas, se podría contemplar la IA como sistemas automáticos capaces de traducir un manuscrito, reconocer a una persona por sus rasgos faciales o conducir un automóvil.

La IA no se limita a asemejar tareas humanas, sino que en algunos casos está dispuesto a superar al mejor especialista en la materia tomando decisiones con menores tasas de error que una persona o identificando patrones imperceptibles para el ojo humano. De modo que, la IA permite analizar información con un acercamiento distinto de la habitual. Ya no se puede limitar a explicar la información de la que se dispone para dar respuesta a lo sucedido. La IA permite expresar otras preguntas, ¿qué sucedió? (determinar), ¿qué pasará? (pronosticar) y ¿qué debería hacer? (prescribir). Dentro de las áreas de aplicación de la IA más relevantes, con aportación en el ámbito de la salud, se pueden citar las siguientes: el reconocimiento automático de voz y el procesamiento de lenguaje natural, los algoritmos de pronóstico, diagnóstico o dar una recomendación, la visión artificial, el análisis de imagen, la robótica y los sistemas expertos[16].

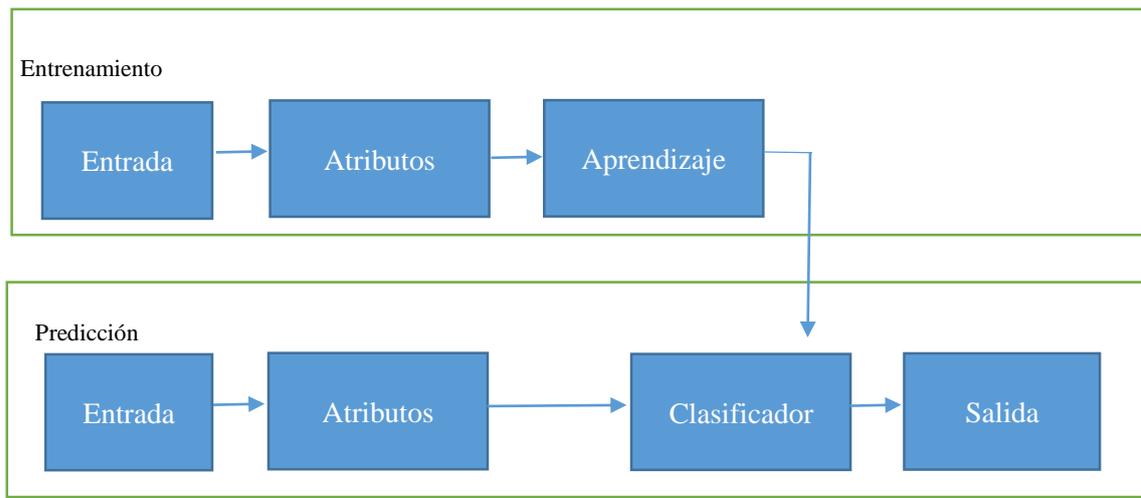
#### **3.8.1 Machine learning**

El Machine learning es una rama de la IA es conocido en español como aprendizaje automático o aprendizaje de máquina, pretende trabajar el reconocimiento de patrones y el aprendizaje por parte de las computadoras. Hace factible que las máquinas puedan aprender sin haber sido explícitamente programadas. Este método trabaja con algoritmos que pueden ceder hallazgos o conclusiones relevantes obtenidas de un grupo de datos, sin que el ser humano tenga que redactar instrucciones o códigos para esto. La intención de esta enseñanza es que las personas y las máquinas trabajen juntos. Exactamente esto es lo que realiza los algoritmos, permiten que las máquinas ejecuten trabajos, tanto generales como específicos. El central objetivo del aprendizaje automático es desarrollar la capacidad de sistematizar y relacionar, se podría explicar en que las maquinas deberían lograr desempeñarse con precisión, en tareas familiares, como en actividades nuevas o imprevistas. Esta práctica imita la capacidad del ser humano para procesar la información y así poder crear modelos que generalicen la información obtenida para realizar las predicciones. Aunque hay muchas categorías, se ha centrado este proyecto en la

categoría de aprendizaje supervisado, pero también existe la de aprendizaje no supervisado [17].

### 3.8.1.1 Aprendizaje supervisado

Facilita averiguar patrones de datos y relacionarlos a un campo llamado objetivo. Se adiestra al algoritmo usando unas condiciones (features) con sus correspondientes etiquetas (labels).

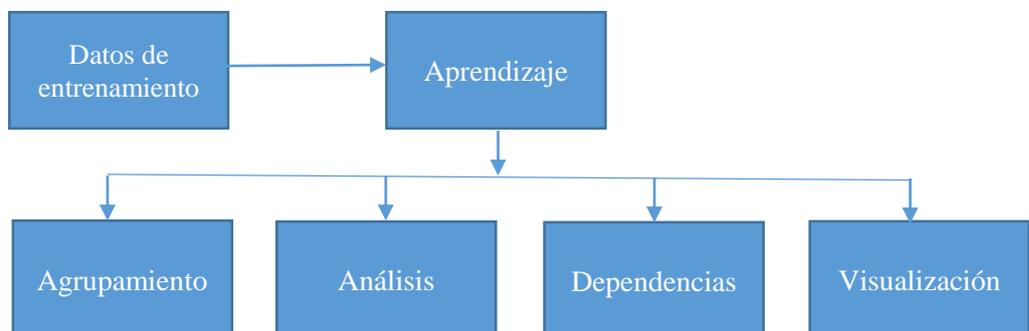


**Figura 3.11.** Aprendizaje supervisado

**Fuente:**[16].

### 3.8.1.2 Aprendizaje no supervisado

Son aquellos sistemas en los que no disponemos de una base de datos de ejemplos que ya han sido clasificados, sino que a partir de las propiedades de los ejemplos intentamos dar una clasificación de los ejemplos según su similitud.



**Figura 3.12.** Aprendizaje no supervisado

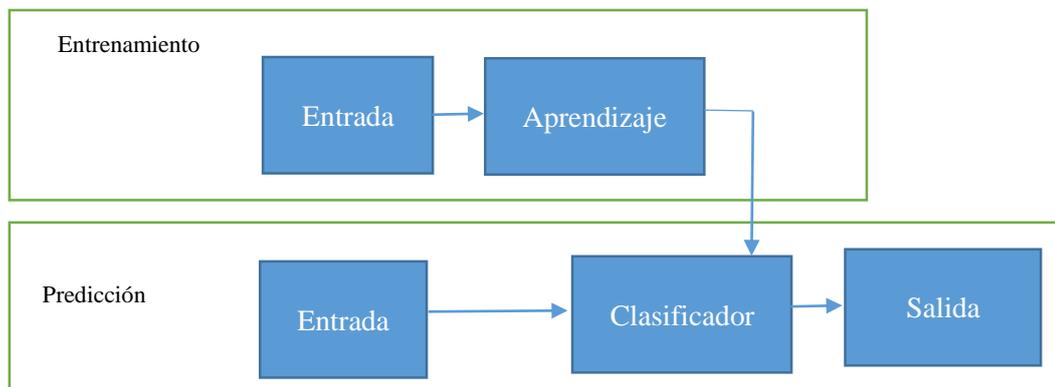
**Fuente:**[16].

### 3.9 Deep learning

Deep learning, llamado en español como aprendizaje profundo, son aquellas técnicas de machine learning que hacen uso de arquitecturas de redes neuronales. La palabra “profundo” viene referido al número de capas que poseen estas técnicas. Su objetivo es estudiar y construir sistemas de cómputo capaces de aprender a partir de la experiencia.

Mientras que las redes neuronales habituales poseen una capa, las redes neuronales profundas contienen varias capas. Aprendizaje profundo es un elemento de la inteligencia artificial que se ocupa de emular la visión de aprendizaje que utilizamos los seres humanos para obtener ciertos tipos de estudios. Puede considerarse un modo de automatizar el análisis predictivo.

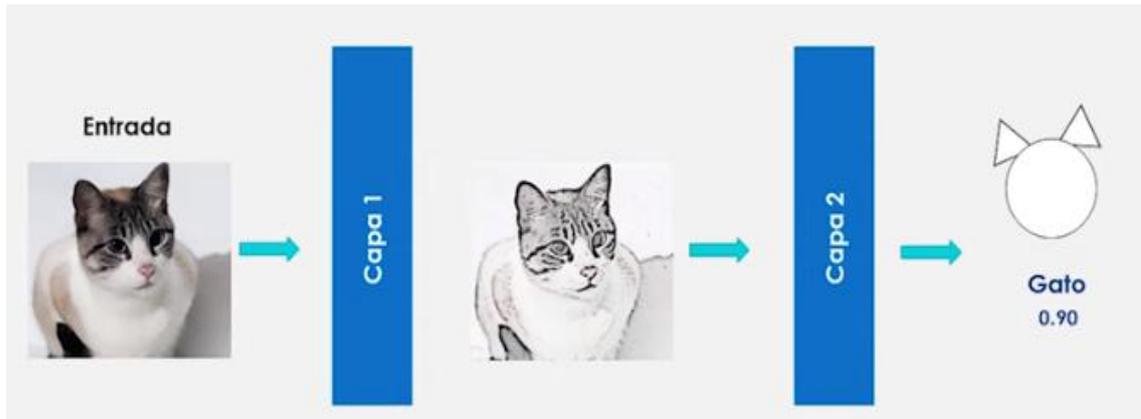
Los algoritmos de aprendizaje profundo se apilan en un escalafón de creciente complejidad y extracción. Cada algoritmo en el escalafón aplica una transformación no lineal en su entrada y utiliza lo que aprende para realizar un modelo estadístico como salida. Las iteraciones continúan hasta que la salida ha alcanzado un nivel de exactitud admisible.



**Figura 3.13.** Aprendizaje profundo.

**Fuente:**[17].

En aprendizaje profundo el modelo aprende por sí mismo y lograr así descubrir las relaciones entre las variables. En los modelos basados en aprendizaje profundo no interviene el ser humano, el modelo representa una estructura jerárquica que extrae diferentes niveles de detalle de los datos de manera que primero obtenemos los bordes de una imagen, después el contorno, su tamaño y así finalmente determinar cuál es el objeto que él está viendo al final se obtendrá un porcentaje o una probabilidad de acierto de ese aprendizaje[17].



**Figura 3.14.** Modelo de aprendizaje profundo

**Fuente:**[18].

### 3.10 Redes neuronales

Las Redes Neuronales (NN o Neural Networks) es una técnica de machine learning que se crearon para imitar los sistemas nerviosos biológicos, constituidos por nodos que interconectan las neuronas. El primer modelo de red neuronal fue presentado en 1943 por McCulloch y Pitts. Fue un modelo de neuronas binarias, en el que cada neurona podía adecuar dos estados. Este modelo fue el origen para el adelanto de diferentes modelos. Una primera clasificación de redes neuronales podría ser la siguiente:

**Modelos basados en la Medicina:** Son un conjunto de redes que simulan los sistemas neuronales biológicos y funciones como la vista o la audición.

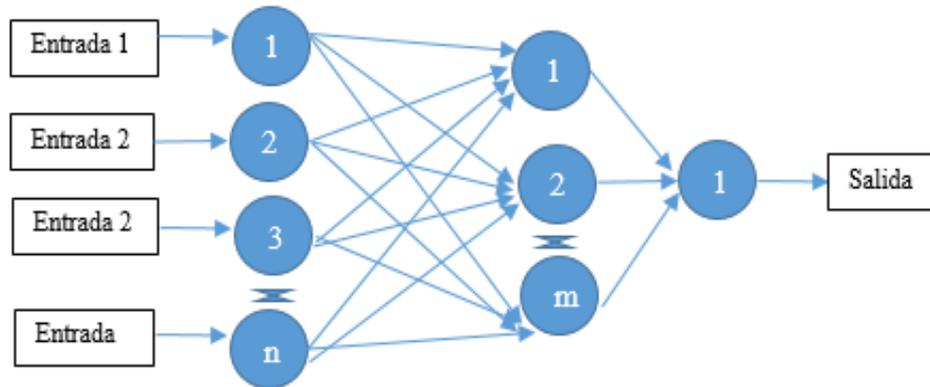
**Modelos artificiales aplicados:** Diseñados para solucionar alguna molestia en concreto que no tiene necesariamente que ver con los sistemas biológicos[19].

#### 3.10.1 Arquitectura de las redes neuronales

Las redes neuronales en sí son sistemas de programas y estructuras que intentan imitar el funcionamiento del cerebro humano. Son sistemas que enlazan las neuronas para que puedan laborar entre ellas y así generar un estímulo de salida. Así son capaces de aprender y pueden acondicionarse las diferentes entradas que les pueden llegar. Las redes neuronales constan de capas de entrada, capas ocultas y capas de salida.

- **Capa de entrada:** Recibe los datos de entrada y los cruza a la primera capa oculta. Esta capa tendrá tantas neuronas como entradas tenga la red.

- **Capa oculta:** Realizarán los cálculos matemáticos con nuestras entradas. Las redes neuronales pueden constar de varias de estas capas.
- **Capa de salida:** Una vez que la red realiza las operaciones matemáticas, contiene la solución. Habrá tantas neuronas como categorizaciones halla[19].



**Figura 3.15.** Arquitectura Perceptrón Multicapa

**Fuente:**[19].

Como se puede mirar en la Figura 3.13 todas las neuronas están en conexión entre las diferentes capas. Cuanto mayor es la cifra de capas, más profunda es la red neuronal. En el conjunto de los casos, todas las neuronas de cada capa tienen una conexión con cada una de las neuronas de la siguiente capa. Cada conexión tiene agrupado un peso. El peso determina la jerarquía que tendrá esa conexión con la neurona. Estos pesos tienen una valía elemental que se asigna aleatoriamente. El esencial ejercicio que realiza la red es multiplicar los valores de una neurona por los pesos de sus conexiones salientes. Cada neurona de la siguiente capa recibe números de varias conexiones entrantes y las suma[17].

### 3.10.2 Clasificación de Redes neuronales respecto al Aprendizaje

Las redes neuronales manejan dos tipos de información. La primera, es la información volátil, que se refiere a los datos que se están usando y cambian la dinámica de la informática de la red, se encuentra guardado en un período dinámico de las neuronas. El segundo tipo de información que manejan las redes neuronales, es la información no volátil que se sostiene para tener presente los esquemas aprendidos y se encuentra guardadas en los pesos sinápticos.

El aprendizaje de las redes neuronales, es el desarrollo de exponer los modelos a aprender, a la red y el cambio de los pesos de las conexiones sinápticas usando una pauta de formación.

La regla de aprendizaje consiste en algoritmos basados en fórmulas matemáticas, que usando

el método como minimización del error modifican el valor de los pesos sinápticos en empleo de las entradas disponibles y con ello optimizan la contestación de la red a las salidas que se desea.

El aprendizaje se fundamenta en el entrenamiento de la red con modelos, que usualmente son llamados patrones de entrenamiento. El desarrollo habitual del algoritmo es que la red lleva a cabo ejecuta los modelos repetitivos, cambiando los pesos de las sinapsis, hasta que convergen a un conjunto de pesos óptimos que representan a los modelos lo suficientemente apropiado, en aquel momento mostrará una respuesta satisfactoria para esos modelos. Esto es, sus pesos sinápticos se ajustan para ejecutar respuestas correctas al acumulado de modelos de adiestramiento que ha mostrado como aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado[20].

### **3.10.3 El entrenamiento de las redes neuronales**

A fin de obtener que la computadora pueda descifrar los datos de los objetos existen técnicas computacionales como el machine learning en donde la visión computacional está incluida como un objetivo estudiado. El machine learning se fundamenta en el adiestramiento computacional a base de grandes cantidades de datos para que le permiten imitar la inteligencia humana. Para el adiestramiento existen 3 tipos de técnicas: supervisada, no supervisada y mixta[21].

### **3.10.4 Aplicaciones de las redes neuronales**

Las redes neuronales forman una teoría computacional flotable que puede utilizarse en gran número y diversidad de aplicaciones. Se pueden realizar redes neuronales en un periodo de tiempo prudente y pueden realizarse tareas concretas mejoradas que con otras tecnologías convencionales. Cuando se implementan mediante hardware (redes neuronales con chips), presentan una alta tolerancia a fallos del sistema y proporcionan un nivel de semejanza en el proceso de datos muy grande. Esto hace admisible insertar redes neuronales de bajo costo en sistemas actualmente desarrollados. Hay muchos tipos diferentes de redes neuronales, cada uno de los cuales tiene una aplicación particular más conveniente. A continuación, se muestran algunos ejemplos:

- Producción de modelos de retina (Biología)
- Determinar los candidatos para posiciones en cargos específicos (Empresa)
- Pronóstico del tiempo (Medio ambiente)

- Estimación del riesgo de los créditos (Finanzas)
- Producción de falsificaciones (Finanzas)
- Auditoría de calidad (Manufacturación)
- Verificación de producción en líneas de proceso (Manufacturación)
- Lector de rayos X (Medicina)
- Categorización de las señales de radar (Militar)
- Elaboración de armas inteligentes (Militar).

Este trabajo está encaminado hacia el campo de reconocimiento de patrones, es decir, se introducen una serie de variables de entrada (peso, temperatura, ritmo cardiaco, etc. Y se obtienen varias variables de salida como por ejemplo mensaje de texto con ubicación de una persona. Serán estas variables de salida las que tendrán que ser estimadas en la fase de aprendizaje de la red neuronal[22].

### **3.10.5 Red neuronal Backpropagation**

El algoritmo de retropropagación (Backpropagation), es una regla de aprendizaje que se puede emplear en modelos de redes con más de dos capas. De forma simplificada, el trabajo de una red Backpropagation consiste en el aprendizaje de una agrupación predefinida de pares de entradas-salidas dados como ejemplo, empleando un ciclo propagación-adaptación de dos fases: primero se aplica un patrón de entrada como incentivo para la primera capa de las neuronas de la red, este incentivo se va propagando a través de todas las capas superiores hasta reproducir una salida, el resultado producido en las neuronas de salida se colaciona con la salida que se desea alcanzar y se calcula un valor del error para cada una de las neuronas de salida.

Posteriormente, estos errores se transmiten hacia atrás, partiendo de la capa de salida, hacia las neuronas de la capa intermedia que contribuyen directo a la salida, recibiendo el porcentaje de error próximo a la contribución de la neurona intermedia de la salida original. Este proceso se repite capa por capa, hasta que todas las neuronas de la red hayan recibido un error que describa su aportación relativa al error total.

Basándose en el valor del error percibido, se reajustan los pesos de conexión de cada neurona, de manera que la siguiente ocasión que se presente el mismo patrón, la salida esté más próxima a la deseada. En la etapa de adiestramiento, este tipo de red neuronal es idónea para ajustar los pesos de las neuronas de las capas intermedias con el objetivo de minimizar el error entre un grupo de patrones dados como ejemplo y sus salidas estimadas. En la etapa de validación, se

aplica esa misma analogía a nuevos patrones de entrada no utilizados durante la fase de entrenamiento.

Una de las peculiaridades más importantes de las redes neuronales. Se entiende que las redes neuronales tienen una facilidad de dar salidas satisfactorias a entradas que el sistema no ha visto nunca en su fase de entrenamiento. En general, la red debe encontrar una representación interna que le permita generar las salidas deseadas cuando se le dan las entradas de adiestramiento, y que pueda aplicar, asimismo, a entradas no presentadas en tanto que la etapa de aprendizaje para clasificarlas según las características que compartan con los ejemplos de adiestramiento[22].

### **3.11 Porcentaje de Femicidios en Ecuador**

A través de una labor en red, se registran los femicidios que son alertados por varias fuentes como: Red Nacional de Casas de Acogida, medios de comunicaciones locales y nacionales, el sistema automático del trámite judicial ecuatoriano (SATJE). Los casos son analizados desde un enfoque de género estableciendo parámetros para definir si se trata o no de un femicidio[23].

Hasta el 16 de noviembre se han registrado 5 transfemicidios en Ecuador. Desde que empezó la crisis sanitaria y humanitaria por COVID19 se registran 82 femicidios en el país ANEXO III.

### **3.12 Situación Actual de personas afectadas por violencia intrafamiliar**

El medio de comunicación Ciudad de Latacunga On Line, mantuvo una entrevista vía telefónica con la Coordinadora Zonal 3 del Sistema Integrado de Seguridad ECU 911, Cristina Montero, quien indicó que en comparación con el año 2019, el número de atención de emergencias para este año ha disminuido en un 14%, específicamente en la provincia de Cotopaxi, sin embargo, la curva de ascenso va en el incremento de llamadas de alerta por violencia intrafamiliar. Lo que es preocupante para la sociedad y autoridades, puesto que éstas han aumentado en un 22% con un total de 678 llamadas a nivel de la provincia en lo que va de la emergencia[24].

## **4. METODOLOGÍA**

El presente proyecto de tesis se orienta hacia un estudio de tipo descriptivo. Cada una de las etapas presenta una relación clara y concisa para el desarrollo general. La base fundamental del proceso se encuentra dirigida hacia la recopilación de la información y la inclusión de todas las temáticas de control, automatización y la descripción de componentes.

### **4.1 Implementación del proyecto**

Para continuar con lo prescrito en la metodología, se procede con la implementación del prototipo del brazalete inteligente que permite enviar una señal de auxilio de forma inalámbrica. En la implementación del prototipo, se empezará con los requerimientos para los sistemas de hardware y software.

### **4.2 Requerimientos del sistema**

Antes de comenzar con el diseño y posteriormente con la implementación del prototipo, es obligatorio conocer las necesidades del proyecto para que todas sus partes funcionen entre si. Para esto se deberá conocer cuáles son los requerimientos mínimos que se necesitan, y, de esta forma continuar con los procesos ya mencionados.

A continuación, se mencionan los requerimientos a cumplir por el prototipo:

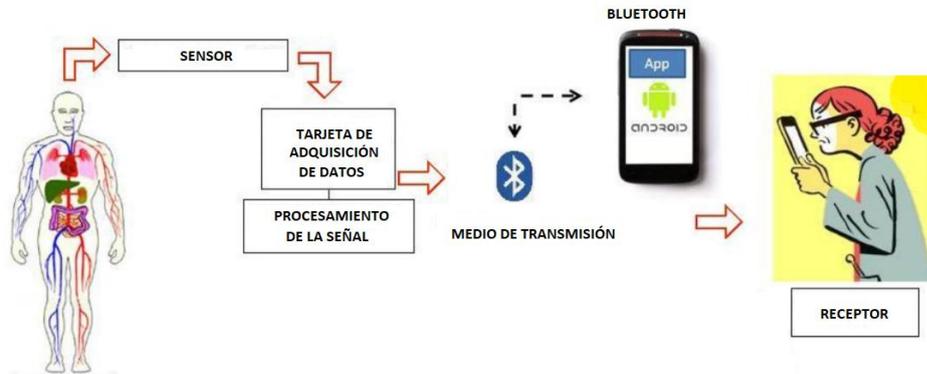
- Establecer los rangos de frecuencia cardíaca para entrenar la red neuronal y así validar los rangos normales y si se alteran de forma inesperada enviar un SMS de emergencia.
- Enviar datos de la posición geográfica actual, mediante un aplicativo móvil que permita su envío de forma automática.
- Enviar el SMS por medio del aplicativo móvil a un número registrado anteriormente en dicha aplicación.

De ahí es que mediante los requerimientos mencionados anteriormente que se llevará a cabo el desarrollo del proyecto.

### **4.3 Esquema general del proyecto**

En el proceso de adquisición de datos de los signos vitales obtenidos por los sensores se realizará mediante métodos no invasivos, con este proceso se intenta disminuir las molestias y también se evita poner en riesgo la salud de las personas, las lecturas del estado en cada uno de los diferentes sensores las realiza el microcontrolador. En éste, es en el cual se efectúa el procesamiento de las señales, para luego ser enviadas a un dispositivo móvil Android con

conexión del módulo bluetooth de esta manera poder analizar los resultados y si la persona se encuentra en peligro poder enviar un mensaje de alerta al receptor. El esquema general del sistema se puede visualizar en la figura 4.1.

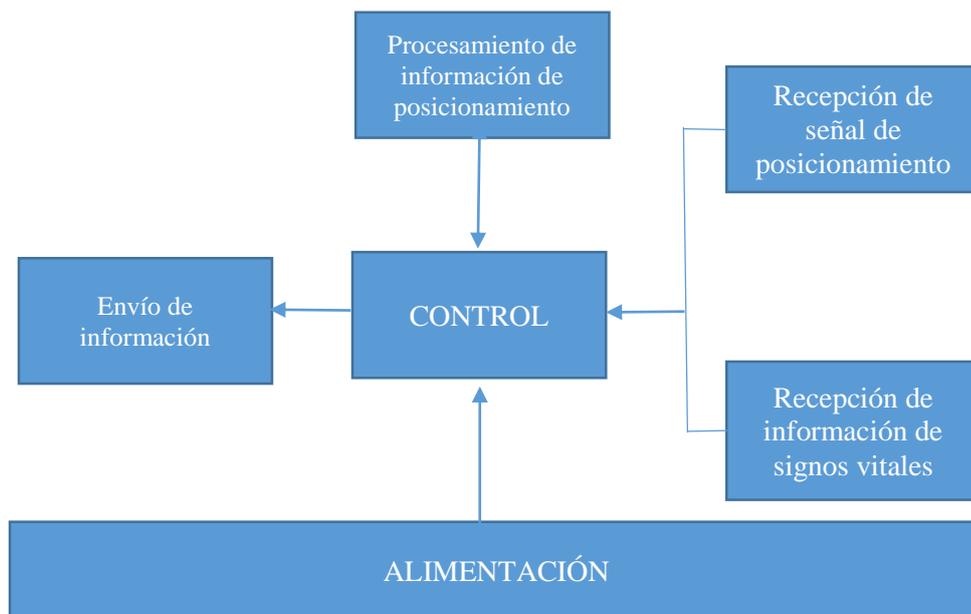


**Figura 4.1.** Esquema general del proyecto

#### 4.4 Diseño de hardware

El proyecto requiere de la implementación de varios dispositivos físicos a nivel de hardware, los cuales cumplen con una finalidad y asumen una tarea en específica para el funcionamiento general del sistema.

En la figura 4.2 se representa el diagrama general del funcionamiento del proyecto a nivel de hardware.



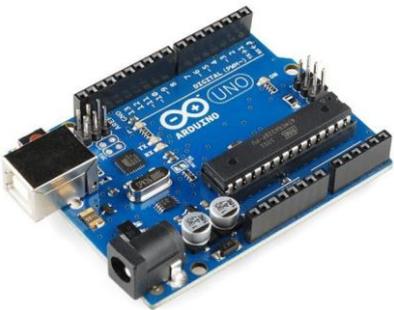
**Figura 4.2.** Diagrama Representativo de Funcionamiento del Sistema a nivel de hardware.

En el diagrama general de funcionamiento del sistema a nivel de hardware, se representa las funciones que realiza el brazaletes inteligente que permite enviar una señal de auxilio. Las funciones se representan mediante bloques, la interacción y orden de ejecución de los componentes se encuentra señalizado.

#### 4.4.1 Microcontrolador

El microcontrolador es el elemento encargado de captar e interpretar mediante algoritmos de programación la información recabada por los sensores para posteriormente enviarla inalámbricamente. Las alternativas son mencionadas en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Alternativas de microcontroladores.

Solución	Denominación	Características
A	<p>Arduino UNO</p> 	<p>Pines de IN Analógica: 6</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Memoria Flash:32Kb</li> <li>-Voltaje de operación: 5V</li> <li>-Velocidad Reloj: 16 MHz</li> <li>-RAM:2Kb</li> <li>-Costo USD: \$13.00</li> </ul>
C	<p>Arduino Nano</p> 	<p>Pines de IN Analógica: 8</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Memoria Flash:32Kb</li> <li>-Voltaje de operación: 5V</li> <li>-Velocidad Reloj: 16 MHz</li> <li>-RAM:2Kb</li> <li>-Costo USD: \$6.50</li> </ul>

#### 4.4.2 Módulo Arduino Nano

Se utiliza este dispositivo por la facilidad y factibilidad que ofrece en cuanto al cumplimiento de los objetivos del proyecto ya que se necesita que este vaya soldado conjuntamente con la placa y de la misma forma consta de salidas seriales para la comunicación del bluetooth y sobre todo es relativamente pequeño, lo que permite que el diseño del brazaletes sea ergonómico y cómodo para el usuario.

Es uno de los microcontroladores más sencillos del mercado por su fácil configuración e implementación ya que tiene una interfaz IDE que hace que su programación sea más amigable, además permite la conexión para adaptar y configurar el módulo de comunicación en este caso el HC-06 el cual permite enviar los datos hacia la aplicación móvil.

#### 4.4.1 Características del microcontrolador Arduino Nano

Es una placa microcontrolador basado en ATmega 328P compatible con protoboards lo que lo hace idóneo para el desarrollo del proyecto, es de tamaño compacto costa de 14 pines digitales tanto que pueden funcionar como entras y de salidas de los cuales 6 ofrecen salidas PWM de la misma forma tiene 6 entradas analógicas y un botón de reseteo.

La disposición de pines del microcontrolador será la siguiente:

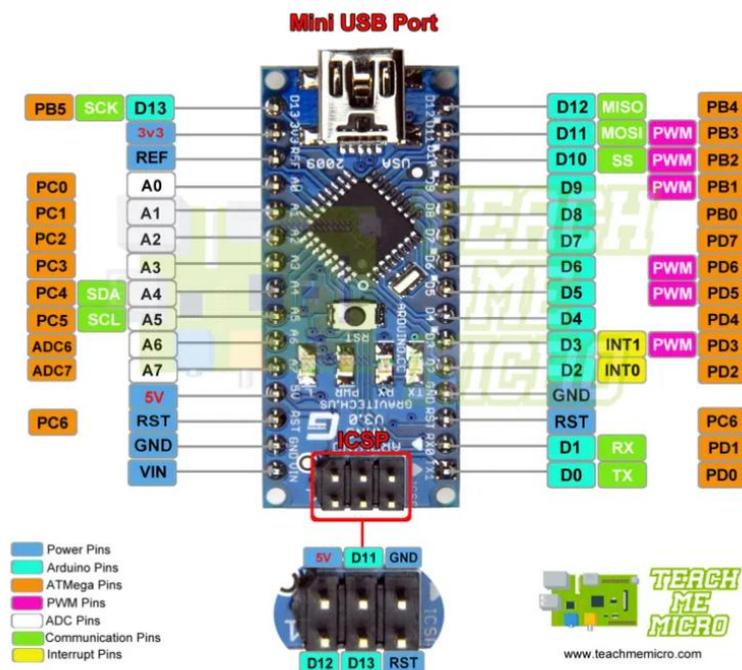


Figura 4.3. Diagrama de la distribución de pines del Arduino Nano

Fuente:[5].

Esto demuestra que el microcontrolador puede ser configurado de múltiples maneras y se puede configurar sus pines según su hardware se lo permita, claro que también se puede realizar algunos protocolos por software y asignarlo a pines que no están dedicados. En la tabla 4.2 se describe las características técnicas del microcontrolador.

**Tabla 4.2.** Especificaciones técnicas del microcontrolador ATmega328P

<b>Microcontrolador</b>	<b>ATmega328P</b>
Voltaje de alimentación	7-12v DC
Voltaje de I/O	5v
Pines digitales I/O PWM	14 (6PWM)
Pines analógicos de entrada	8
Corriente DC por I/O	40 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) del cual 2 KB usado para el cargador del arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz

#### **4.4.2 Recepción de información de signos vitales**

El proceso de la obtención de los signos vitales se desarrolló de acuerdo al progreso del prototipo. En primera instancia se desarrolló la adquisición de la frecuencia cardíaca, luego se procedió a adquirir la temperatura corporal. Cada dato que se adquiere se puede visualizar en el Smartphone de cada usuario.

##### **4.4.2.1 Adquisición de información de frecuencia cardíaca**

La frecuencia cardíaca es uno de los (signos vitales) o los indicadores importantes de la salud del cuerpo humano. Mide el número de veces por minuto que el corazón se contrae o late. La velocidad de los latidos del corazón varía como producto de la actividad física, las amenazas a la seguridad y las respuestas emocionales. La frecuencia cardíaca en reposo se refiere a la frecuencia cardíaca cuando una persona está relajada.

**Tabla 4.3.** Alternativas de sensor de ritmo cardíaco

Solución	Denominación / Ilustración	Características
A	<p style="text-align: center;">Max30100</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Principio de funcionamiento: Foto pletismógrafo</li> <li>-Circuito de cancelación de ruido integrado.</li> <li>-Circuito amplificador de señal integrado.</li> <li>-Alimentación: 3-5V 4mA</li> <li>-Dimensiones: D14mm x 2mm</li> <li>-Precio USD: \$9 aproximadamente</li> <li>- Lugar de aplicación: Dedo</li> </ul>
B	<p style="text-align: center;"><b>Pulse sensor</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Principio de funcionamiento: Foto pletismógrafo</li> <li>-Alimentación: 3-5V</li> <li>-Corriente: mA</li> <li>-Precio USD: \$6.25 aproximadamente</li> <li>- Lugar de aplicación: Dedo</li> </ul>

#### 4.4.3 Max 30100

Este Oxímetro permite sensor la frecuencia cardíaca y de la misma forma la oxigenación de la sangre este tiene combinado dos LED uno que sirve de fotodetector y otro es infrarrojo el cual cumple la función de emisor de luz.

Cuando el corazón bombea más sangre, existe un aumento de sangre oxigenando y de la misma manera cuando el corazón se relaja, el volumen de sangre oxigenada también disminuye. Al momento de conocer el tiempo entre el aumento y sangre oxigenada se puede determinar la frecuencia del pulso.

El principio de funcionamiento de este sensor es que la sangre oxigenada absorbe más luz infrarroja y pasa más luz roja, mientras que la sangre sin oxigenar observe la luz roja y pasa más luz Infrarroja.

##### 4.4.3.1 Características del MAX30100

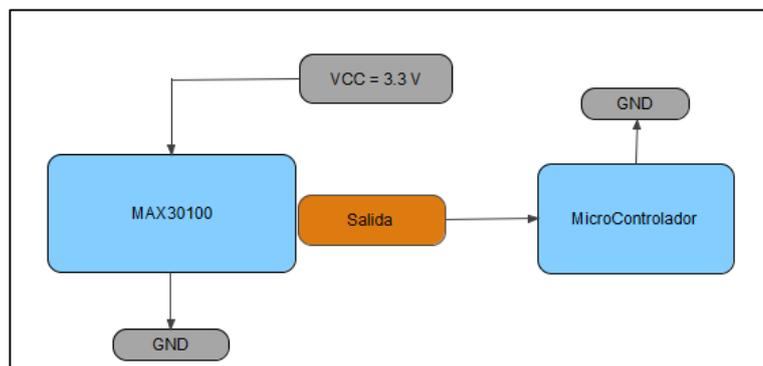
Para obtener las muestras de los pulsos cardiacos se usará el oxímetro max30100, para la implementación de este dispositivo es comprender el tipo de comunicación que este necesita,

la cual es una comunicación I2C que requiere solo de 3 hilos para su implementación. Este módulo es manejado a través de registros, sea para la configuración de cada una de sus funciones como para la lectura de los diferentes sensores con los que esta cuenta. Estos registros permiten la práctica de elementos tales como, número de muestras de cada medición, la potencia de los Leds, frecuencia de muestreo. Además, es posible utilizar este módulo como un simple monitor cardíaco, o para el cálculo de SpO2. Una vez que se está familiarizado con la implementación de estos registros se procede a la elaboración de las librerías que se necesita para el control del dispositivo, tomando como referencia librerías que sea han realizado para otros proyectos.

**Tabla 4.4.** Especificaciones técnicas del oxímetro max30100

Voltaje de operación	5 V DC
Regulador de voltaje	3.3 v y 1.8 v en placa
Led rojo	660nm
Led infrarrojo de	920nm
Filtro de Luz	50-60Hz
Protocolo de comunicación	I2C
Temperatura de trabajo	-40°C hasta 85°C

La figura 4.4 muestra el diagrama representativo de los componentes de hardware involucrados en la obtención de información del ritmo cardíaco y en el ANEXO IV se observa el diagrama de funcionamiento del MAX30100.



**Figura 4.4.** Diagrama representativo del MAX30100.

#### 4.4.3.2 Temperatura

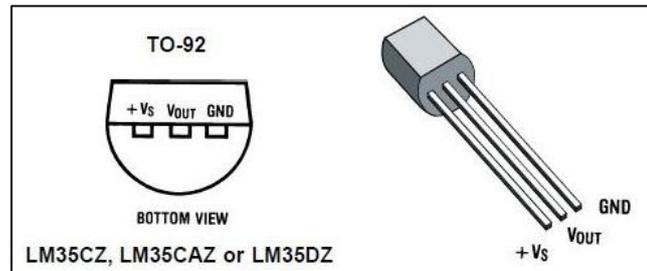
Las alternativas consideradas dentro de la selección de la instrumentación para medir la variable de temperatura corporal basados en distintos principios físicos no invasivos son los mostrados en la Tabla 4.5 a continuación.



Como el valor de X está en mV dividimos para 10 teniendo en cuenta que por cada grado centígrado el sensor genera 10mV y de esta manera obtenemos el valor en grados centígrados

$$T = \frac{X}{10} (^{\circ}C)$$

A continuación, se presenta los pines del sensor lm35 el cual consta de tres: GND, VCC y Vsalida.



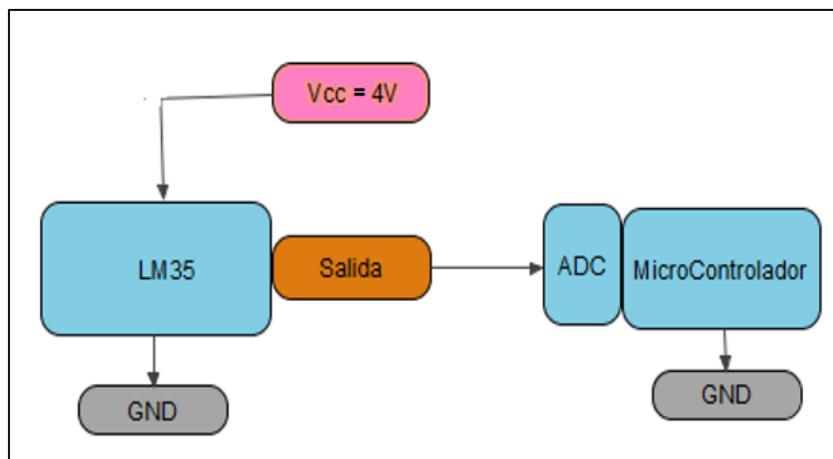
**Figura 4.5.** Sensor LM35d

Otras características permiten su con total confianza mencionadas a continuación:

**Tabla 4.6.** Características del sensor LM35d

CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES	
Calibrado directamente	° C (Celsius)
Escala de factor	lineal
Exactitud garantizada	0.5 ° C (a +25 ° C)
Rango	0° a 100°C
Costo	\$2.30
Voltaje	4 - 30 V

La figura 4.6 muestra el diagrama representativo de los componentes de hardware involucrados en la obtención de información de la temperatura corporal.



**Figura 4.6.** Diagrama representativo de la temperatura corporal

#### 4.4.5 Antena Bluetooth

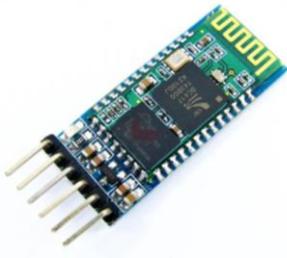
El medio de comunicación que permite a sincronización con la aplicación diseñada para los dispositivos móviles Android, será mediante la configuración de una red inalámbrica de área personal con protocolo de comunicación Bluetooth.

Las principales características de Bluetooth son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar los cables y conectores entre estos.
- Ofrecer la posibilidad de crear redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Las alternativas consideradas dentro de la selección de la instrumentación para la comunicación entre el dispositivo y el Smartphone son mostrados en la Tabla 4.7 a continuación.

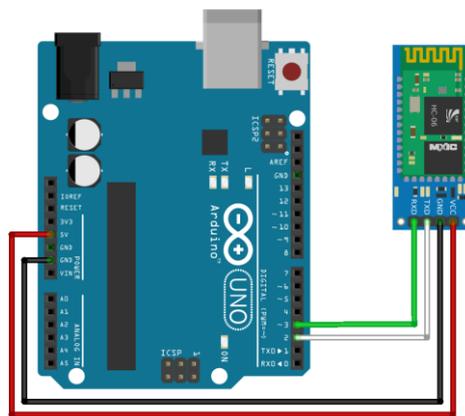
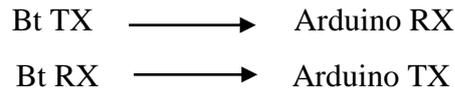
**Tabla 4.7.** Alternativas Bluetooth

Solución	Denominación	Características
A	HC-05 	-Voltaje: 3.6 VDC a 6 VDC -Consumo Corriente: 30 mA a 50mA -Dimensiones: 4.4 x 1.6 x 0.7 cm -Distancia de hasta 10 metros -Funcionamiento: maestro-esclavo -Costo USD: \$5.95
B	HC-06 	Voltaje: 3.6 VDC a 6 VDC -Consumo Corriente: 30 mA a 50mA -Dimensiones: 4.4 x 1.6 x 0.7 cm -Distancia: hasta 10 metros Funcionamiento: Esclavo -Costo USD: \$6.00

- **Módulo Bluetooth HC-06**

Este módulo es el encargado de transmitir la información recibida por los sensores hacia nuestra aplicación móvil la principal diferencia de este bluetooth es que funciona como esclavo es decir que solo recibe conexiones desde una PC o Smartphone.

Para la comunicación de este módulo y la configuración, se necesita tener acceso al módulo mediante una interfaz serial para esto utilizaremos un arduino nano. Para lo conexión de este módulo se requiere una alimentación, GND o lo que se le conoce como tierra y los pines de recepción y transmisión serial en este caso TX y RX. Siempre hay que tener en cuenta que la conexión de estos pines se debe realizar cruzada con los pines de nuestro microcontrolador.



**Figura 4.7.** Conexión Modulo Bluetooth

**Fuente:** [15].

**Tabla 4.8** Especificaciones del módulo Bluetooth

Modo	Esclavo
Frecuencia	2.4 GHz
Clase	II
Alcance	5m-10m
Voltaje de operación	3.6V - 6V
Temperatura de operación	-25°C a 75°C
Consumo de corriente	30mA-40mA

#### 4.4.6 Implementación de Hardware

La implementación del hardware corresponde a la configuración y conexión de los elementos que conforman el sistema, una vez seleccionados los instrumentos de hardware que se han descrito previamente, se procede al diseño electrónico del circuito, el que será encargado de transmitir las señales físicas obtenidas a través de los sensores al microcontrolador. Los

elementos seleccionados son los siguientes:

- Arduino Nano
- Sensor de temperatura LM35d
- Sensor max30100
- Módulo bluetooth HC-06

#### 4.4.6.1 Alimentación

La implementación de la batería de alimentación depende de varios factores especialmente de su capacidad, esto se selecciona en base al consumo de corriente y de los componentes electrónicos que se va a utilizar.

En la tabla 4.9 se detallan los elementos a utilizar en el brazalete con el consumo máximo de corriente eléctrica al momento del funcionamiento.

**Tabla 4.9.** Dispositivos electrónicos a utilizarse.

Función	Dispositivo	Consumo de corriente
Microcontrolador	Arduino Nano	6.75mA
sensor de temperatura	LM35	60uA
sensor de frecuencia cardíaca	Max 30100	6.3mA
Trasmisor bluetooth	HC-06	50mA
	<b>Total consumo</b>	63.056mA

#### 4.4.6.2 Selección de la batería

La batería es seleccionada en base al consumo de corriente máxima usada por los elementos o componentes electrónicos que se detallan en la tabla 4.9, además se muestra los cálculos correspondientes y la estimación de la duración de la batería.

Si la corriente consumida (I) se la mide en amperios y el tiempo (t) en horas se puede afirmar que la capacidad de la batería se mide en Amperios-Hora (Ah)

$$C = I * t \quad (1)$$

**Donde:**

C= Capacidad de carga

I= Corriente

t=tiempo

En base a la tabla 4.9 la corriente máxima de consumo es: 63.056mA

$$I = 63.056mA$$

Para el diseño del brazalete se requiere que el dispositivo funcione durante 24 horas.

**Datos:**

$$I=63.056$$

$$t=24h$$

Remplazando en la ecuación uno tenemos que:

$$C = 0.063056A * 24h$$

$$C = 1.513Ah$$

Una batería no es recomendable hacerle descargar hasta que llegue a cero en cada ciclo de carga. Al momento de que se desee utilizar la batería durante muchos ciclos de trabajo es necesario que no se extraiga más al 80% de su carga, dejando una reserva de 20% de la batería. Esto se realiza para ampliar el número de ciclos o cargas disponibles y de esta manera evitando que la batería se degrade en un corto tiempo dando como resultado que mantenga su capacidad de carga durante más tiempo.

$$C = \frac{C}{0.8}$$

$$C = \frac{1.513Ah}{0.8}$$

$$C = 1.891Ah$$

$$C = 1891.25mA - h$$

Otro parámetro en tener en consideración cuando se requiere utilizar una batería es la velocidad de descarga, se refiere a la rapidez con la que se descarga la batería de una forma segura. Es decir, que la cantidad de amperios que la batería puede suministrar durante una hora de forma continua, y normalmente viene expresada en su referencia de capacidad, como 10C, 15C, 20C, etc. Para nuestro brazalete necesitamos un batería con una capacidad de 1891.25mA y una duración de carga de 24 horas. Y se puede calcular su velocidad de descarga con la siguiente formula.

$$V_{des.} = \frac{C}{t} \tag{2}$$

**Donde:**

Vdes.= velocidad de descarga

C= Capacidad

t= Tiempo

**Datos:**

C=1891.25mAh

t=24h

$$Vdes. = \frac{1891.25mAh}{24h}$$

$$Vdes. = 78.802mA$$

Para el diseño del brazalete se necesita un batería con una velocidad de descarga de 79C aproximadamente mientras que todo el circuito precisa entre el rango 3.3v a 5v con estos parámetros calculados se puede comparar las distintas baterías comerciales que existen como se muestra en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10.** Alternativas de baterías comerciales

Solución	Denominación	Características
<b>A</b>	Batería de litio 	-Voltaje: 3.7V -Capacidad: 850mAh -velocidad de descarga: Desconocido -Dimensiones: 10mm x 25mm x 35mm - Recargable: Si -Costo USD: \$7.00
<b>B</b>	Batería LiPo plus 	-Voltaje: 7.4v -Capacidad: desde 300mAh -Velocidad de descarga:90C -Dimensiones: (46 x 16.5 x 13.1) mm. -Recargable: Si -Costo USD: \$14.00

- **Batería de LiPo Plus**

En base a la velocidad de descarga que se necesita para el brazalete la batería de LiPo nos ofrece un rendimiento superior en nuestro proyecto ya que gracias a su alta descarga el proyecto se comportara de una manera más eficiente.

**Tabla 4.11.** Especificaciones técnicas de la batería.

Voltaje	7.4V
Corriente de carga	300mAh
Velocidad de descarga	70C-90C
peso	18.2 gr
Conector de carga	JST-XH
Conector de descarga	JST
Celdas	2

- **Autonomía aproximada**

Para realizar el cálculo de la autonomía, se toma en cuenta la velocidad de descarga de la batería. Para un consumo de manera continua la velocidad de descarga es de 20 mA y para un consumo interrumpido la velocidad de descarga es de 40mA. La batería seleccionada tiene un voltaje nominal de 7.4V y una capacidad de 300mAh. Para lo cual se necesita un funcionamiento continuo, se utilizará la velocidad de 20mAh. Así el tiempo de autonomía de la batería es:

$$t = \frac{C}{V. descarga} \quad (3)$$

**Donde:**

t= Tiempo

C=Capacidad

V.descarga= Velocidad de descarga

**Datos:**

V.descarga= 20mA

C=300mA

$$t = \frac{300mA}{20mA}$$

$$t = 15h$$

#### 4.5 Ensamble del prototipo.

Para la construcción del prototipo se diseñó una placa donde existan los puertos de conexión entre los sensores, microcontrolador, módulo bluetooth, etc. De esta forma eliminando cualquier tipo de cableado extra en el prototipo.

##### 4.5.1 Circuito de control

El circuito de control del brazalete se encarga de interconectar todos los dispositivos electrónicos de instrumentación, comunicación, y alimentación de energía eléctrica. En el ANEXO V se muestra el esquema de las conexiones del sistema.

#### 4.6 Cálculo ancho de pista

Para el cálculo del ancho de pista se requieren los siguientes parámetros:

Corriente máxima: 63.056mA

Variación máxima de temperatura: 10°C

Grosor: 35micras=1onzas/pie<sup>2</sup>

$$Ancho = \frac{\text{Área}}{1.378 * Grosor} \quad (4)$$

$$\text{Área} = \frac{I}{K1 * \nabla^{\circ} T^{k2}} \frac{1}{K3} \quad (5)$$

Sustituyendo la ecuación número 5 en la ecuación número 4 nos da como resultado lo siguiente:

$$Ancho = \frac{\frac{I}{K1 * \nabla^{\circ} T^{k2}} \frac{1}{K3}}{1.378 * Grosor} \quad (6)$$

**Donde:**

I= corriente máxima

K1= constante estándar para capas externas

K2= constante estándar para capas externas

K3= constante estándar para capas externas

Grosor= grosor

$\nabla^{\circ}\text{C}$ = Variación de temperatura

**Datos:**

I= 63.056mA

K1=0.0647

K2=0.4281

K3=0.6732

Grosor= 1onzas/pie<sup>2</sup>

$\nabla^{\circ}\text{C}$ = 10°C

$$\text{Ancho} = \frac{\frac{0.063056}{0.6732}}{\frac{0.0647 * 10^{0.4281}}{1.378 * 1}}$$

$$\text{Ancho} = \frac{\frac{0.063056}{0.6732}}{\frac{0.0647 * 2.679}{1.378}}$$

$$\text{Ancho} = \frac{\frac{0.063056^{0.6732}}{0.1733}}{1.378}$$

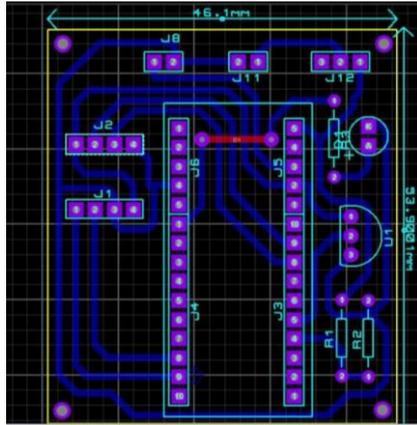
$$\text{Ancho} = \frac{(0.3636)^{\frac{1}{0.6732}}}{1.378}$$

$$\text{Ancho} = \frac{0.223}{1.378}$$

$$\text{Ancho} = 0.162\text{Mils}$$

#### 4.6.1 Unidad de control

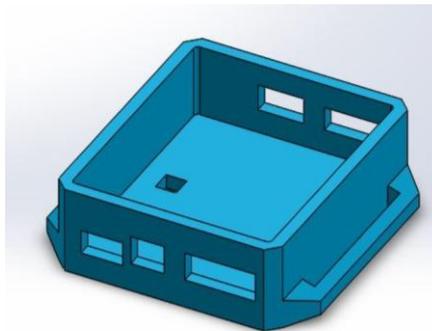
La Unidad de control está conformado por una tarjeta impresa, que se encarga de la activación de los componentes a nivel de hardware y la ejecución de todas las operaciones, cada proceso específico, como la recepción, el procesamiento y el envío, se establece en un proceso general de flujo de información, la tarjeta impresa realiza acondicionamiento y control del sistema, es el cerebro del sistema de hardware y procesa todas las tareas, los sensores y módulos son conectados a la tarjeta, y esta se encarga de procesar la información recibida mediante sentencias cargadas al hardware por medio del software Arduino IDE.



**Figura 4.8.** Diseño de la placa

#### 4.7 Diseño del brazalete

Mediante la utilización de software asistido por computador y herramientas CAD se realiza el diseño geométrico de la estructura del prototipo que en su interior se instalara el circuito electrónico. Para el diseño se basa en el método de manufactura la cual es la impresión 3d en la figura 4.9 se muestra el diseño geométrico del brazalete.



**Figura 4.9.** Diseño geométrico del Brazalete

#### 4.8 Diseño de software

El sistema despliega la ubicación y los signos vitales del usuario a través de un aplicativo móvil. El sistema realiza el siguiente proceso: registrarse mediante un método electrónico, adquirir el hardware, el cual corresponde al brazalete inteligente que va a ubicado en la muñeca de la persona y se encarga de enviar la información de ubicación y signos vitales con la ayuda de los dispositivos que están dentro del brazalete, para su almacenamiento en la base de datos. Una vez que el sistema tiene constancia del usuario registrado y el brazalete. El usuario debe iniciar sesión y verificar la información de signos vitales y ubicación en el aplicativo móvil. El sistema accede a la siguiente información del brazalete inteligente y el usuario:

- Signos vitales
- Ubicación

### 4.8.1 Algoritmos de funcionamiento

La adquisición de datos de la instrumentación es un proceso que se realiza continuamente y de cuya interpretación depende su transmisión. Cada sensor funciona independiente por lo que su funcionamiento es analizado por separado.

El LM35 monitorea de manera permanente la temperatura del usuario. Si la temperatura se eleva de forma inmediata la unidad de control envía el dato a la aplicación móvil y ella envía la señal de auxilio mediante un mensaje de texto en el diagrama se muestra el algoritmo de funcionamiento propuesto. De la misma manera sucede con el MAX30100 el cual está enfocado mayormente al sufrimiento de un ataque al corazón, se ve vinculado su funcionamiento con la medición del ritmo cardíaco. Este mide continuamente dicho valor y emite alertas si el valor está dentro del rango establecido médicamente como normal, como acelerado o de ser el caso de ser bajo los valores de cada persona como se muestra en la figura 4.10.

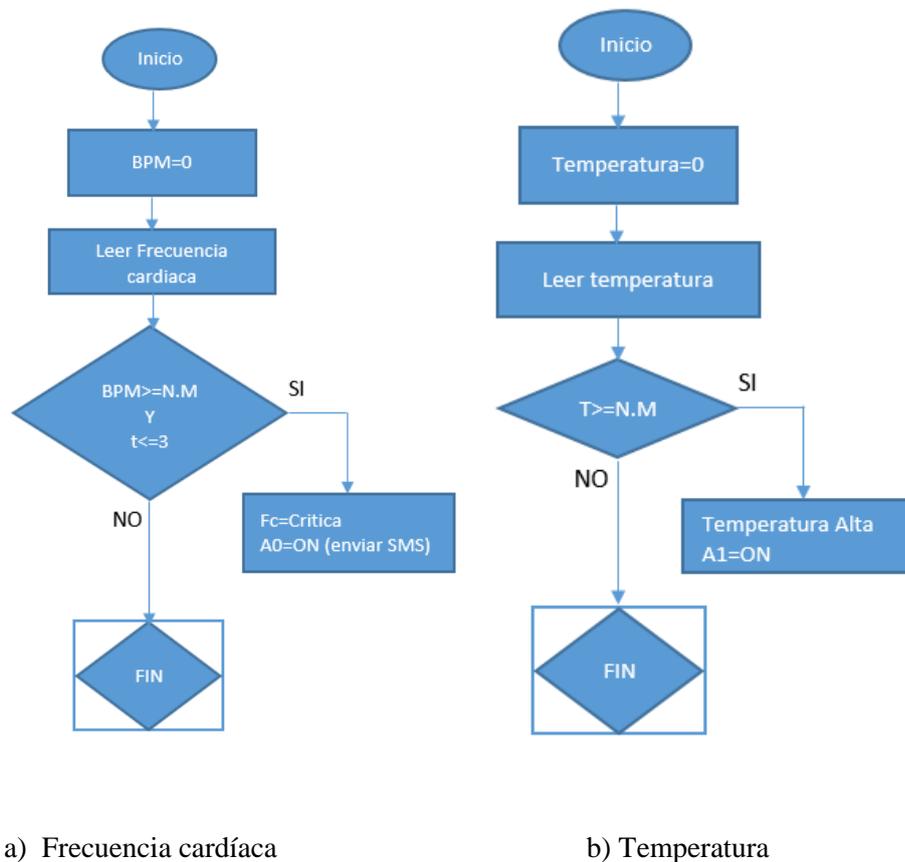
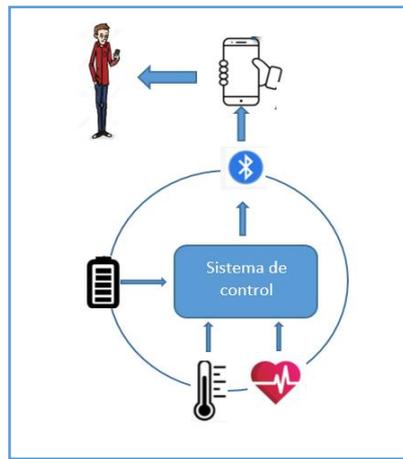


Figura 4.10. Diagrama de flujo

### 4.8.2 Transmisión de información

Una vez obtenida y procesada la información, ésta es enviada hacia la tarjeta de memoria para su tratamiento y almacenamiento en una base de datos. En la Figura 4.11 se muestra la

Representación de hardware involucrado en el envío de información y los componentes del software.

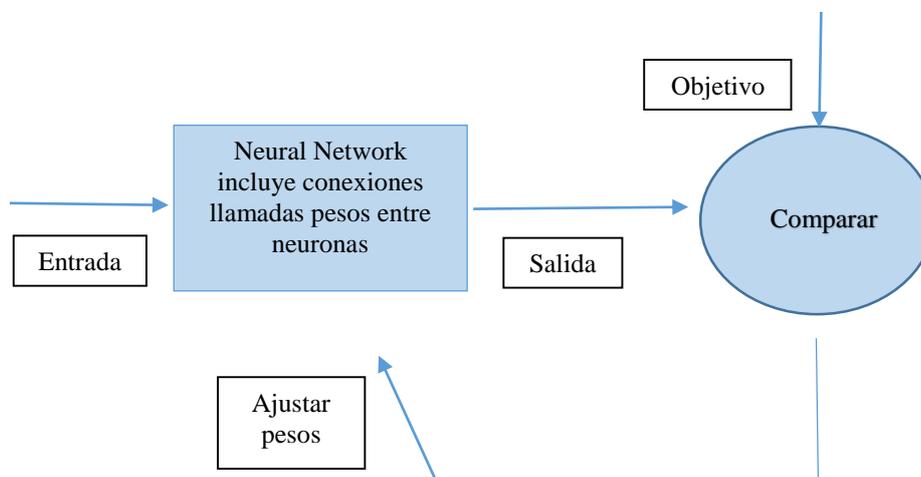


**Figura 4.11.** Representación de interacción de los componentes del sistema de software

### 4.8.3 Diseño de la red neuronal

Las redes neuronales están conformadas por elementos simples que operan en paralelo. Como se había mencionado en apartados anteriores están inspirados en los sistemas nerviosos biológicos. Es como en el ecosistema, la función de la red está determinada por las conexiones entre elementos. Se puede entrenar una red neuronal para realizar una función particular ajustando los valores de las conexiones (pesos) entre elementos.

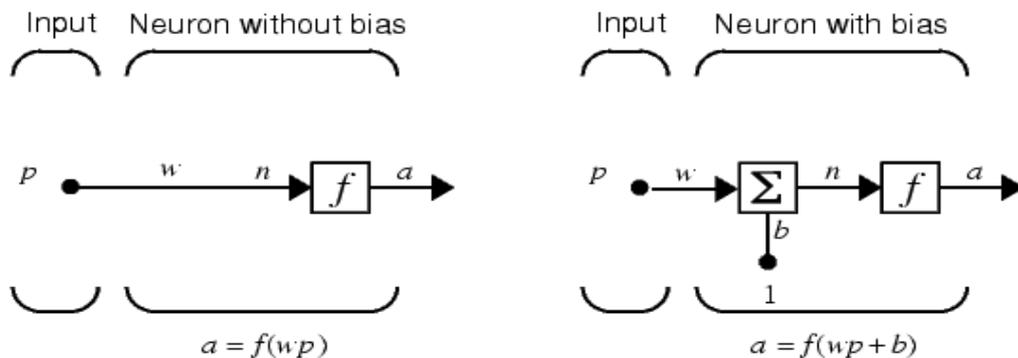
Por lo general, las redes neuronales se ajustan de acuerdo a la entrada en particular que conduce a una salida con un objetivo específico. Esto se muestra a continuación en la figura. Allí, la red se ajusta, basándose en una comparación de la salida y el objetivo, hasta que la salida de la red coincide con el objetivo. Normalmente, muchos de estos pares de entrada se utilizan, en este aprendizaje supervisado, para entrenar una red.



**Figura 4.12.** Representación del comportamiento de una red neuronal

La red neuronal se entrena para utilizarla en varias aplicaciones como el reconocimiento de patrones, la identificación el habla, la visión y los sistemas de control.

Una neurona con una única entrada escalar y sin sesgo aparece a la izquierda a continuación.



**Figura 4.13.** Representación de una neurona simple

La entrada escalar  $p$  se transmite a través de un peso que multiplica su fuerza por el peso escalar  $w$ , para crear el producto  $wp$ , de nuevo un escalar. Aquí, la entrada ponderada  $wp$  es el único argumento de la función de transferencia  $f$ , que produce la salida escalar  $a$ . La neurona de la derecha tiene un sesgo escalar,  $b$ . Puede verse el sesgo sencillamente como si se agregara al producto  $wp$  como lo indica la unión sumadora o como el desplazamiento de la función  $f$  hacia la izquierda en una cantidad  $b$ . El sesgo es muy semejante a un peso, excepto que tiene una entrada constante de 1.

La entrada neta de la función de transferencia  $n$ , reiteradamente un escalar, es la suma de la entrada ponderada  $wp$  y el sesgo  $b$ . Esta suma es la demostración de la función de transferencia  $f$ . Aquí  $f$  es una función de transferencia, típicamente una función escalonada o una función sigmoidea, que toma el argumento  $n$  y produce la salida  $a$ . Tenga en cuenta que  $w$  y  $b$  son ajustables parámetros escalares de la neurona. La idea central de las redes neuronales es que estos parámetros se pueden configurar para que la red muestre algún comportamiento deseado o interesante. Por lo tanto, podemos entrenar a la red para hacer un trabajo en particular ajustando los parámetros de peso o sesgo.

#### 4.6.3.2 Diseño de la red

El programa electo para el diseño de la red neuronal fue Matlab porque que tiene un Toolbox de redes neuronales que es usual y es muy flexible. Este Toolbox permite alterar el número de neuronas, número de capas, su función de activación, también se realizan diversos tipos de

interconexión entre capas, diversas funciones de error para perfeccionar la red todas las opciones mencionadas anteriormente son programables. La interfaz es amigable para el usuario debido a que permite efectuar con algunas ventanas, desde teclado o con scripts.

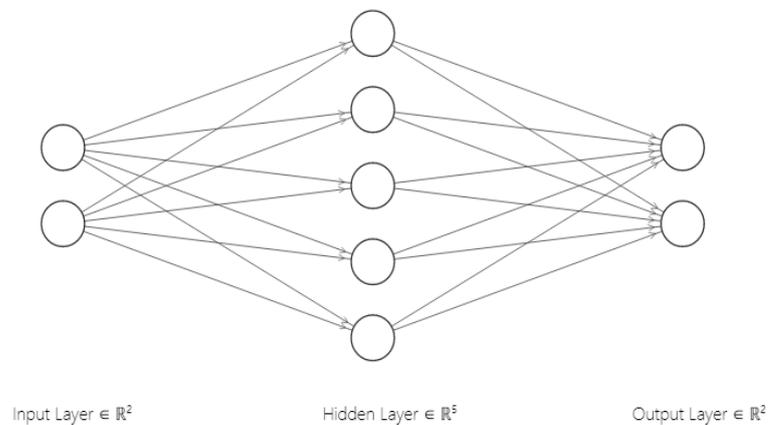
### 4.8.3.3 Arquitectura de la red

Se denomina arquitectura a la estructura en la que las distintas neuronas constituyentes de la red neuronal se relacionan. Los nodos se conectan por medio de sinapsis; esta estructura de conexiones sinápticas determina el comportamiento de la red.

En general, las neuronas se suelen agrupar en unidades estructurales denominadas capas. Dentro de una capa las neuronas pueden agruparse formando grupos neuronales. El conjunto de una o más capas constituye una red neuronal.

Se interconectan neuronas en tres tipos de capas:

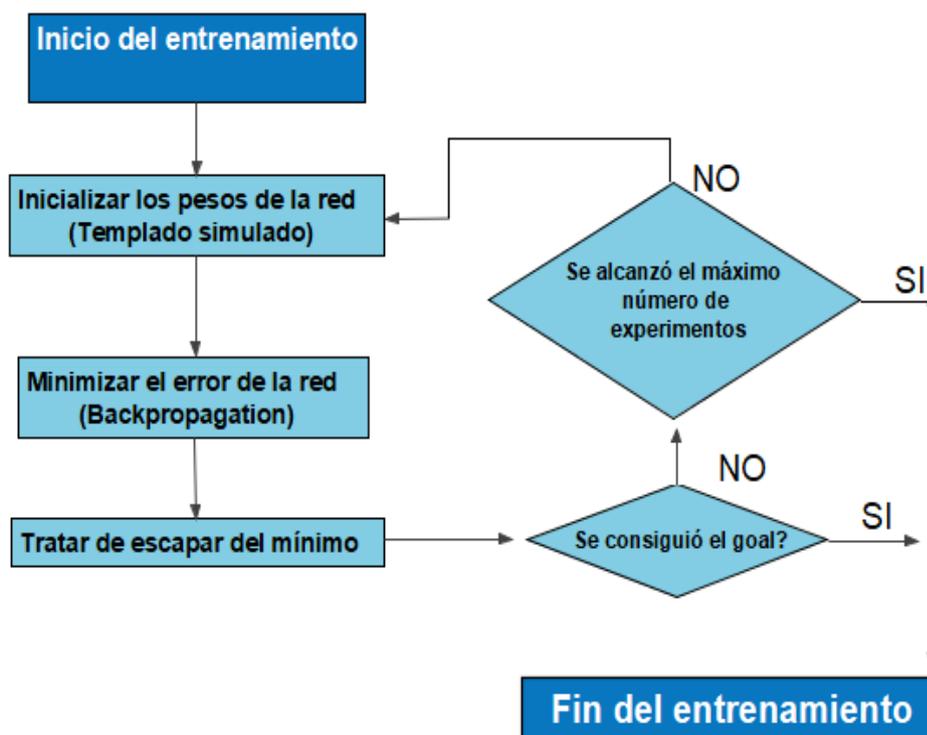
- De entrada: reciben estímulos externos.
- Oculta: elementos internos de procesamiento (se pueden estructurar en varias capas).
- De salida: reciben la información procesada y retornan la respuesta del sistema al exterior.



**Figura 4.14.** Representación de una neurona simple

### 4.8.3.4 Entrenamiento de la red

En vista de que durante el entrenamiento se usan procedimientos aleatorios, es recomendable realizar múltiples experimentos desde (cero) para ver si en alguno de ellos se consigue un menor error al evaluar el conjunto de datos de entrenamiento.



**Figura 4.15.** Entrenamiento de la red neuronal

Se repite el proceso hasta que el término de error resulte aceptablemente pequeño para cada uno de los patrones aprendidos. En este tipo de entrenamientos hay que definir dos parámetros, el número de datos de generalización y el número de datos de cross validation. Se escogen 20 datos de validación. Una vez elegido este parámetro se decide el número de veces que se realiza cross validation. Se escogerán valores no muy grandes porque este primer entrenamiento es para decidir que spread pueda escoger. Por esta razón se realizarán 30 iteraciones.

Luego se carga el fichero de entrenamiento de la misma forma que se hizo en el análisis previo de datos. Una vez realizado esto, se procede al entrenamiento de la red con distintos spreads. Una vez acabado el entrenamiento, se estudia el error relativo medio que comete la red para cada spread y cada salida. Finalmente se guardan los resultados del entrenamiento.

#### **4.8.3.5 Empleo de la red**

Una vez entrenada y validada la red, su configuración puede ser utilizada para pronosticar la respuesta a cualquier entrada. Cada vez que una red neuronal es entrenada, puede que resulte una solución diferente debido a los diferentes pesos iniciales, valores de sesgos y divisiones de los datos que se usan en el entrenamiento, validación, y prueba. Por consiguiente, RNA diferentemente entrenadas para el mismo problema pueden dar diferentes salidas para la misma

entrada. Para asegurarse de que se ha encontrado una red neuronal de gran precisión, conviene entrenarla repetidas veces.

#### **4.8.4 Diseño e implementación de la aplicación en Android**

El desarrollo de aplicación se la realizó con Android Studio, para ello hay que tener en cuenta que Android no es un lenguaje de programación sino este es un sistema operativo para dispositivos móviles, el cual nos permite la instalación y la ejecución de software dentro de este sistema operativo, a los diferentes tipos de software se les conoce como aplicaciones móviles. Android estudio se basa principalmente en la programación de Java, C++ y Kotlin. En el ANEXO VIII se muestra el inicio de Android Studio, esta pantalla se la observa cuando no se ha desarrollado ninguna aplicación.

Para el desarrollo de la aplicación primeramente se debe elegir dónde vamos a utilizar nuestra aplicación móvil esta puede ser en Phone, Andorid Tv, Tablet, Wear OS y de la misma forma se selecciona la activity de nuestra aplicación, la activities están configuradas por dos partes: una parte grafica de archivo XML y una parte lógica de archivo Java, esta activity o actividad traducida al español es configurada y se considera como el número de pantallas que tiene la aplicación móvil como se muestra en el ANEXO IX.

Para seleccionar la versión de Android donde se utiliza nuestra aplicación se puede guiar en la plataforma de versión de Android esto se encuentra al momento de crear un nuevo archivo por lo general son datos estadísticos el cual nos indica que porcentaje de dispositivos pueden acceder nuestra aplicación según la versión de Android que se selecciona tal como se muestra en el ANEXO IX.

En el software Android Studio para nuestro caso se utiliza el entorno de programación por Java y de la misma manera se genera un archivo XML, el archivo Java es la parte lógica de nuestra aplicación la cual escribimos nuestro código el cual proporciona la funcionabilidad de nuestra aplicación. La aplicación se desarrolló para dispositivos Android cumpliendo estrictamente el diagrama de flujo que se indica en el ANEXO X.

```

}

public void enviarMensaje(String estado,String valor){

String link="";
try {
    gpsTracker = new GpsTracker(getActivity());

    double latitude = gpsTracker.getLatitude();
    double longitude = gpsTracker.getLongitude();
    link="https://maps.google.com/?q="+latitude+" "+longitude;

    //verificar numero telefonico de usuario
    prefs =getActivity().getSharedPreferences( name:"DATOS_CACHE", Context.MODE_PRIVATE);
    String no = prefs.getString( key:"ID_TELEFONO", defValue:"");
    String id_nom = prefs.getString( key:"ID_NOMBRES", defValue:"");

    String msg=id_nom+" "+estado+" "+valor+" "+link;

    if(no==null || no.length()==0 || msg==null || msg.length()==0){
        return;
    }

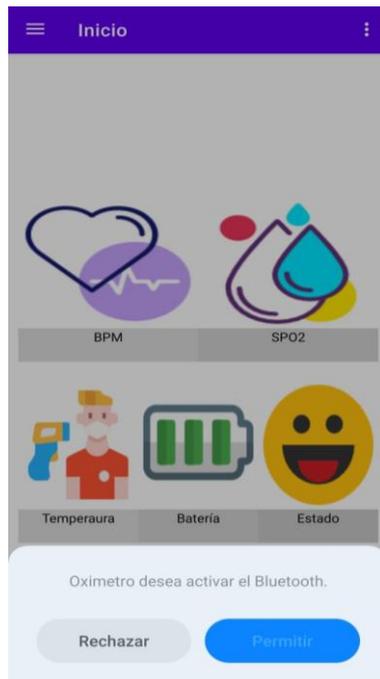
    if(checkPermission(Manifest.permission.SEND_SMS)){
        smsManager = SmsManager.getDefault();
        smsManager.sendTextMessage(no, scAddress: null, msg, sentIntent: null, deliveryIntent: null);
        Toast.makeText(getActivity(), text:"enviado", Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }else{
        Toast.makeText(getActivity(), text:"no enviado", Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }

} catch (Exception e){
    System.out.println(e.getMessage());
}
}
}

```

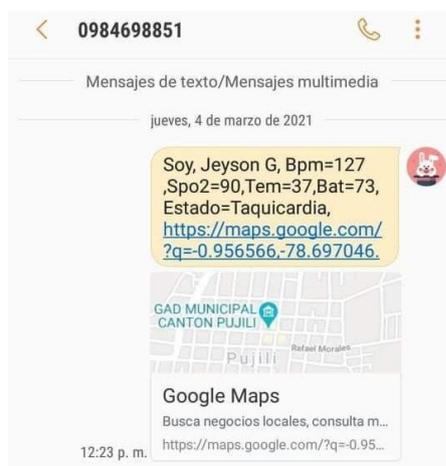
**Figura 4.16.** Programación de Android Studio por Java

El desarrollo de la aplicación se fue avanzando de manera conjunta con la construcción del prototipo implementado las variables y botones de control. La aplicación consta de los botones de conexión de bluetooth, registro de datos personales, numero de la persona que reciba la información y la barra donde nos indica el estado de la batería del brazalete, esto se realiza mediante la transferencia de datos entre en dispositivo móvil y el prototipo. La figura 4.17 demuestra la aplicación móvil.



**Figura 4.17.** Aplicación móvil

Una vez que se realice el registro del usuario, los datos el número de contacto y la edad se puede observar los valores de frecuencia cardíaca, temperatura corporal y la oxigenación de la sangre si estos valores están dentro de los rangos normales para la edad del usuario nuestra aplicación nos muestra que estamos en un estado. Cuando la frecuencia cardíaca y la temperatura se eleva de una forma inesperada y esperando dos segundos para que se establezca nuestra red se envía la siguiente información en un mensaje de texto al número de celular registrado previamente como se muestra en la figura 4.18.



**Figura 4.18.** Envío de mensaje de texto

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para determinar el funcionamiento del prototipo, las pruebas se basan en la parte experimental y las comparaciones medidas de los sensores del brazalete son comparados con elementos de medida que existen en la actualidad de uso médico. En esto se pone a prueba los rangos utilizados en los sensores para la calibración.

### 5.1 Pruebas y resultados de medición de frecuencia cardíaca

Para la realización de las pruebas de la frecuencia cardíaca se ubicó nuestro brazalete inteligente y un dispositivo médico que existe en el mercado comercial, este pasó se realizó en varias ocasiones con la finalidad de comparar los resultados obtenidos entre el brazalete y el dispositivo comercial.

A partir de los resultados obtenidos se observó que en las zonas en las que previamente se podría haber detectado el pulso mediante el sensor, solo en una de ellas se ha obtenido una señal buena para ser procesada. Tal como se explica en metodología y en estudio investigado las partes en las que se consigue una señal de calidad son aquellas en las que no existe una gran cantidad de tejido blando entre la arteria que se está midiendo y el dispositivo.

#### 5.1.1 Resultados de medición de temperatura

Los resultados radican en la comparación de las mediciones y el diagnóstico del error de cada valor obtenido. Además, se determina el error promedio de cada experimentación que se realizó por medio de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Error \% = \frac{V. medido - V. Real}{V. medido} \times 100$$

##### a) Exactitud

Los valores obtenidos de la medición de frecuencia cardíaca entre los dispositivos previamente mencionados se muestran en la tabla 5.1 y el grafico de relación se observa en el ANEXO XII, en esta presentamos los valores de los resultados entre los dos dispositivos realizada a varias personas en diferentes escenarios como por ejemplo durmiendo, caminando, descansando, ejercitándose con la finalidad de constatar y determinar su autenticidad. Con esto se pudo obtener el error porcentual en cada uno de los valores medidos entre los dispositivos y de la misma manera nos permite determinar el error promedio de la medición.

**Tabla 5.1.** Resultados de frecuencia obtenidos del brazalete y el dispositivo comercial

<b>Frecuencia Cardiaca (BPM)</b>		
<b>Frecuencia cardiaca Brazalete inteligente</b>	<b>Frecuencia cardiaca Pulsioxímetro</b>	<b>Error (%)</b>
0	0	0
84	80	4.76
75	69	8.00
69	65	5.80
107	112	4.67
119	115	3.36
84	81	3.57
68	64	5.88
106	106	0.00
63	62	1.59
<b>Error promedio</b>		3.76%
<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>		0.995
<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado</b>		0.991

**b) Precisión**

Esta prueba consiste en determinar la precisión del brazalete con respecto a un dispositivo existente en el mercado. Se procedió a medir la frecuencia cardíaca de un cuerpo que se mantenga en reposo. El sujeto de prueba es una persona de 25 años en condiciones de reposo el valor de la frecuencia cardíaca no se altera a menos que exista algún problema de salud o situación de riesgo. Esta comparación se realizó con la ayuda de un pulsioxímetro médico que existe en el mercado en cual ayuda a realizar nuestro análisis. En la tabla 5.2 se muestran los datos obtenidos en la prueba experimental y el grafico de relación se observa en el ANEXO XII.

**Tabla 5.2.** Frecuencia cardíaca de una persona en reposo.

<b>Frecuencia Cardíaca (BPM)</b>		
<b>Frecuencia cardíaca Brazaletes inteligente</b>	<b>Frecuencia cardíaca Pulsioxímetro</b>	<b>Error (%)</b>
74	73	1.35
75	74	1.35
73	73	0.00
73	72	1.37
72	71	1.39
72	72	0.00
72	73	1.39
73	72	1.39
73	72	1.37
74	73	1.35
	<b>Error promedio %</b>	1.10%
	<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	0.959
	<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado</b>	0.921

## 5.2 Pruebas de medición de temperatura

### a) Exactitud

El primer ensayo se apoya en revisar la exactitud o precisión de los datos conseguidos producto de la medición de temperatura. Se hace la comparación con un dispositivo usado tanto en el campo clínico con el sensor utilizado en nuestro brazaletes inteligente, el dispositivo usado es un termómetro de mercurio. Se realizó la prueba comprobando la temperatura de líquidos a distinta temperatura para verificar la precisión del brazaletes inteligente. En la Tabla 5.3 se presentan los resultados del error porcentual adquirido para cada dato adquirido y el error promedio correspondiente al 0.08%, el gráfico de relación se observa en el ANEXO XIII.

**Tabla 5.3** Termómetro de mercurio y Brazalete Inteligente en prueba de exactitud

<b>Temperatura (°C)</b>		
<b>Termómetro de mercurio</b>	<b>Brazalete Inteligente</b>	<b>Error (%)</b>
23.1	23.06	0.17
25	25.04	0.16
27.1	27.08	0.07
29	29.02	0.07
31.1	31.1	0.00
33.1	33.06	0.12
35	35.02	0.06
37.1	37.08	0.05
39.1	39.1	0.00
41	41.04	0.10
	<b>Error Promedio (%)</b>	0.08%
	<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>	0.999
	<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado</b>	1

En el ANEXO XIII se muestra cómo se comporta los datos conseguidos por la medición de temperatura. Se determinan el error del Brazalete inteligente comparando con termómetro de mercurio. Se necesita tomar en consideración que el sensor de temperatura infrarrojo toma el tamaño del área del objeto y que conforme con la hoja técnica su sensibilidad es de 1 °C. Sin embargo, el termómetro de mercurio tiene sensibilidad de 0.5°C.

#### **b) Precisión**

El próximo ensayo consistió en determinar la precisión del Brazalete Inteligente. Se procedió a medir la temperatura de un cuerpo que mantenga esta variable constante. La persona que es de prueba es una persona adulta de 27 años, la temperatura del cuerpo en condiciones normales no altera su decisión a parte que exista algún problema de salud. Se realizó la comparación con ayuda de un termómetro de mercurio para poder hacer su análisis. Se muestran los datos obtenidos por la experimentación. En la Tabla 5.4 se muestran los resultados del error porcentual de cada valor obtenido y el error porcentual promedio determinada de 0.11%.

**Tabla 5.4** Prueba de precisión de los dispositivos

<b>Temperatura (°C)</b>		
<b>Termómetro de mercurio</b>	<b>Brazalete Inteligente</b>	<b>Error (%)</b>
37.5	37.52	0.05
37.5	37.5	0.00
37.5	37.52	0.05
37.4	37.48	0.21
37.5	37.5	0.00
37.5	37.5	0.00
37.7	37.54	0.43
37.6	37.52	0.21
37.5	37.5	0.00
37.6	37.54	0.16
<b>Error Promedio (%)</b>		0.11
<b>Coefficiente de correlación múltiple</b>		0.952
<b>Coefficiente de determinación R<sup>2</sup> ajustado</b>		0.907

En el ANEXO XIII se puede observar la curva que se obtuvo de acuerdo a la variación de temperatura con respecto al tiempo. A través de aquella se puede determinar la rapidez de respuesta en la medición de temperatura con el Brazalete Inteligente.

### **5.3 Red neuronal análisis de resultados**

El algoritmo completo se implementó en Matlab generando un conjunto de funciones que toman la frecuencia cardíaca y la temperatura dando como resultado unos términos; y cuyo código se presenta en el Anexo. Una vez hecho esto se realizó una serie de ensayos sobre el sistema y las distintas etapas del mismo, en función de caracterizar el sistema y se evaluó el comportamiento de la red en función de distintas perturbaciones aplicadas a la señal.

Se nota que la mejor derivada del Deep learning se la puede explicar de esta manera. Un sistema tradicional solo tendría en cuenta el peso de una variable aislada, como por ejemplo la frecuencia cardíaca. Una frecuencia cardíaca por encima de los valores establecidos haría saltar

la alarma. Sin embargo, este sistema permite analizar este aumento de frecuencia cardíaca en relación con el resto de signos clínicos (o parámetros de los que se disponga) de forma que, por ejemplo, una frecuencia cardíaca elevada que coincide con la fiebre pesaría menos en el algoritmo de alerta.

Esta investigación viene a ser uno de los que se están presentando en los últimos tiempos relacionados con el aprendizaje supervisado y la inteligencia artificial en medicina. Estas disciplinas revolucionarán nuestra forma de examinar los datos, de interpretarlos y aplicarlos a la práctica clínica. Junto con el big data permitirán un perfeccionado diagnóstico, estratificación de riesgo, personalización de tratamientos y pronóstico, conduciéndonos a una medicina de precisión y personalizada. La evidencia cada vez está más cerca de ser rápidos y certeros.

### **5.3.1 Base de datos y codificación**

Se utilizó un rango de frecuencia como datos para que así la frecuencia cardíaca constituye así la entrada que se presentó a la red neuronal. Posteriormente se realizó pruebas con un usuario que lo examinaron en el orden de obtener una cifra representativa de sus variables fisiológicas. De esta manera el conjunto de datos de entrenamiento quedó formado de la siguiente forma:

- Respuestas obtenidas a través del estudio= datos de entrada.
- Variable de la aptitud del usuario= salida deseada.

Resultados obtenidos a partir de los ensayos: El primer resultado que se consiguieron al intentar predecir la cifra representativa correcta fue respectivamente mala. Se asumió que esto fue causado por el hecho de que el número de neuronas en la capa media en proporción al número de ejemplos dados en el conjunto de datos de entrenamiento fue elevado. La pequeña base de datos, conforme con la gran capa de media, fue capaz para realizar una tosca predicción, pero no para dar la correcta cifra representativa.

Como se mencionó antes se debió reducir el número de neuronas de capa media en forma apropiada y formando nuevas redes, se consiguió un resultado bastante bueno para la predicción de las clases y aún para la predicción de la cifra representativa correcta.

En otra serie de test, se examinaron los resultados que podrían favorecer a un mejoramiento por agrupación de las neuronas de capa media para el sistema de alarma.

## **5.4 Medición de signos vitales usando el brazalete**

Se han realizado unas pruebas con el brazalete con 8 personas, las cuales se encuentran en un rango de edad entre los 23 y 27 años, se encontró que en un período corto de aclimatación la temperatura normal es de 37 °C, también que el ritmo cardíaco varía de acuerdo a las

actividades que realicen las personas , entre mayor sea el esfuerzo físico que se necesita realizar o se encuentre una persona en situación de stress o ansiedad, el corazón necesitan bombear más flujo sanguíneo a los diferentes órganos, así mismo la temperatura va subiendo por esta razón donde el cuerpo sube su temperatura, pero para que este no colapse el cuerpo toma medidas como la sudoración para que baje la temperatura o baje la temperatura. Las mediciones se pueden observar en la tabla 5.5.

**Tabla 5.5.** Mediciones con el brazaletes

<b>Sujeto</b>	<b>Actividad</b>	<b>BPM</b>	<b>TEMP °C</b>	<b>ESTADO</b>
<b>1</b>	Deportista caminando	83	36	Normal
<b>2</b>	Deportista corriendo	100	37	Bradycardia
<b>3</b>	Persona no deportista caminando	87	37	Normal
<b>4</b>	Persona no deportista corriendo	110	38	Bradycardia
<b>5</b>	Persona alzando cajas livianas	87	37	Normal
<b>6</b>	Persona trabajando en oficina	90	37	Normal
<b>7</b>	Persona durmiendo	62	37	Normal
<b>8</b>	Persona con stress y ansiedad	90	38	Bradycardia

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1 Presupuesto

El proyecto tiene un análisis de gastos en caso de que un investigador desee mejorarlo y abaratar los costos de implementación, la investigación se orientó a la parte del software, para lo cual se utilizó el hardware disponible en el mercado capaz de cumplir con los requerimientos que el sistema debe cumplir. A continuación, en la Tabla 6.1 se detalla el costo de los materiales utilizados para la realización del proyecto.

**Tabla 6.1.** Desglose de elementos

Cant.	Elemento	Valor total
1	MAX30100	9.00
1	Lm35	2.30
1	Bluetooth HC-06	6.00
1	Microcontrolador ATMEGA328P	8.00
1	Flex	20.00
1	PCB	3.00
1	Batería	14.00
	<b>Total</b>	62.30

#### 6.1.1 Costo por utilización de máquinas

Los costos por utilización de máquinas se especifican en la Tabla 6.2 de acuerdo a las horas de uso.

**Tabla 6.2.** Costo de alquiler de equipo

Descripción de la máquina	Tiempo (Horas)	Alquiler (s/hora)	Costo total
Impresora Mega	24 H	5.00	120.00
Mini Taladro para baquelita	5 H	3.00	15.00
		<b>Total</b>	135.00

### 6.1.2 Costo de mano de obra

Se establece la relación al tiempo empleado en la construcción del prototipo, el valor en horas se multiplica por la tarifa promedio que cada operario gana en una hora como se observa en la

**Tabla 6.3.** Costo de mano de obra

Operario	Número de Horas	Costo/Hora	Costo total
Técnico CNC	30 H	2.00	60.00
Ayudante	10 H	2.10	21.00
<b>Total</b>			81.00

### 6.1.3 Costos ingenieriles

Para el diseño final del brazalete inteligente se han empleado varias horas tanto en diseño, programación, calibración y correcciones de errores, se detalla en las siguientes tablas. Para determinar el costo de la hora de trabajo según el salario mínimo publicado en noviembre del 2020 es de \$400,00 (cuatrocientos dólares con cero centavos americanos), posterior a ello se realizó el cálculo tomando en cuenta al Código de Trabajo, donde menciona que durante la semana deben cumplirse las 40 horas.

$$\#horas = 8 \text{ horas} \times 20 \text{ dias}$$

$$\#horas = 160 \text{ horas}$$

$$\text{Costo} = \frac{400}{160} = 2.5\$ \text{ la hora}$$

**Tabla 6.4.** Costo de diseño de ingeniería

N.- DE HORAS	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT(\$)	VALOR TOTAL (\$)
40	Diseño de hardware	2.5	100.00
10	Montaje del hardware	2.5	25.00
20	Implementación y depuración del Software	2.5	50.00
60	Pruebas funcionales	2.5	150.00
<b>Total</b>			325.00

#### 6.1.4 Gastos directos totales

Tabla 6.5. Gastos directos totales

<b>GASTOS DIRECTOS</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Elementos	62.30
Costo por utilización de máquinas	135.00
Costo de mano de obra	81.00
<b>TOTAL</b>	<b>278.30</b>

#### 6.1.5 Gastos indirectos totales

Tabla 6.6. Gastos indirectos totales

<b>GASTOS INDIRECTOS</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Diseño de ingeniería	325.00
<b>TOTAL</b>	<b>325.00</b>

#### 6.1.6 Inversión total

En la tabla 6.7 se detalla la inversión inicial para el desarrollo de la propuesta tecnológica.

Tabla 6.7. Gastos totales

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Gastos directos	278.30
Gastos indirectos	325.00
<b>TOTAL</b>	<b>603.30</b>

La inversión total para la propuesta tecnológica es de 603.30 dólares, debido a que es el primer prototipo de brazalete inteligente.

## **6.2 Análisis de impactos**

### **6.2.1 Impacto práctico:**

El brazalete inteligente está diseñado para cumplir los requerimientos y necesidades del usuario de utilizar un dispositivo externo para cuidar su integridad, para que al momento que se encuentre en una situación de peligro, el dispositivo envíe una señal de auxilio a un número predeterminado esto se da debido a que no habido interés en la población en buscar soluciones para brindar una mayor seguridad,

### **6.2.2 Impacto tecnológico:**

Se planteará el uso de tecnologías internet de las cosas que permite realizar un dispositivo como un brazalete inteligente midiendo la frecuencia de cardíaca con mensajería de señal de socorro para la seguridad de las personas.

### **6.2.3 Impacto ambiental:**

El brazalete será un buen dispositivo a lo largo de estos meses siguientes porque estará hecho de buenos materiales, por lo cual perdurará en el tiempo entre 1 a 3 años a no ser que el usuario tenga algún problema de batería o lo dañe algún agente externo este no causará mayor impacto en el ambiente.

### **6.2.4 Impacto epistemológico:**

La comunidad académica se beneficiará indirectamente con el desarrollo de este proyecto ya que podrán acceder a la información obtenida por el brazalete inteligente fabricada por la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

## **6.3 Beneficiarios y Beneficios.**

El presente proyecto está dirigido a las estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi y grupos vulnerables como mujeres ya que el proyecto se basa en incrementar la cultura de seguridad, que se enmarca dentro del sector de Justicia y Seguridad, subsector: seguridad ciudadana.

Los beneficios del trabajo de grado son:

- Conocimiento en el manejo de sensores de frecuencia cardíaca
- Conocimiento de redes neuronales
- Aprender los tipos de redes neuronales
- Entrenamiento de redes neuronales
- Conocimiento de donde medir los signos vitales
- Conocimiento de utilización de los sensores

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

- Se investigó y se analizó sobre los niveles normales de frecuencia cardíaca y temperatura corporal en las edades más comunes de los estudiantes universitarios, lo que se consiguió obtener un rango de frecuencia normal y poder verificar a través del brazalete inteligente las variaciones de estas variables y en caso de incremento o disminuya de los rangos normales poder enviar el sms de auxilio a el número registrado previamente en la aplicación. Con ello posteriormente se podrá ofrecer desde el primer modelo realizado un producto eficaz, usando elementos de hardware más específicos en lugar de placas de desarrollo que son empleadas para el prototipo. Con esto se pretende que haga un aporte destacable a una necesidad concreta a la sociedad de la cual formamos parte poniéndola a disposición de las personas para que tengan mayor seguridad de andar en las calles.
- La recopilación de información nos manifiesta que los signos vitales se comportan de una forma diferente en cada persona, pero cuando una persona se asusta o se encuentra en situación de riesgo la frecuencia cardíaca se eleva de una forma inesperada, cuando hace ejercicio la frecuencia cardíaca se eleva progresivamente y a la vez si se eleva la frecuencia cardíaca se eleva la temperatura corporal.
- Para el diseño se utilizó un sensor lm35 para la temperatura corporal ya que es un sensor de tamaño pequeño y de bajo consumo, el cual pueden ser implementado en el brazalete sin incomodar al usuario y para determinar la frecuencia cardíaca se utilizó un pulsioxímetro max30100 que además ofrece la capacidad de determinar la oxigenación de la sangre.
- Las redes neuronales son modelos artificiales del cerebro humano, su unidad básica de procesamiento está inspirada en la neurona. Las cuales representan una alternativa con métodos de predicción, para seleccionar cuántas capas ocultas y de neuronas se basa en la experiencia del programador y sobre todo efectuar ensayos de pruebas a la red hasta que el error de nuestra red sea aceptable.
- Android es un sistema operativo para dispositivos móviles, nuestra app se desarrolló en Android Studio el cual permite crear software para dispositivos móviles, a este software se le conoce como aplicaciones móviles al momento de crear nuestra app en Android Studio crea dos archivos de tipo XML y Java, el primero permite observar el diseño y el

segundo es la parte lógica de nuestra aplicación. La aplicación se desarrolló en Android Studio ya que nos permite la utilización de app en segundo plano además está accede al GPS del Smartphone y de esta manera permite mayor confiabilidad de nuestra posición.

## **7.1 Recomendaciones**

- Para la adquisición y compra de los sensores en especial el sensor de frecuencia cardíaca se recomienda a los diseñadores considerar la correcta operatividad, debido a que hay proveedores de estos sensores que no cumplen con las especificaciones y características dadas en los datasheet.
- Para que la red neuronal ofrezca un óptimo funcionamiento es necesario entrenarla con casos sucedidos anteriormente ya que se obtiene toda la información de esos casos y de esta manera reducir el margen error de nuestra red tomando en cuenta que no la sobre entrenamos.
- Para los trabajos fututos se recomienda realizar la aplicación con alguien especializado en carreras afines hacer desarrolladores de software para que en nuestra aplicación se pueda agregar muchas funcionalidades más.
- La construcción del prototipo se ha realizado en una carcasa realizada en 3d, lo que quiere decir que tanto el diseño como el montaje son mejorables. Uno de los aspectos mejorables del dispositivo es el tamaño del circuito finalizado. Respeto al tamaño del dispositivo no ha habido molestias por parte de los voluntarios, ya que es una caja bastante estándar en pulsioxímetro en el mercado actual.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] “G. gallud, «Quimured,» 5 septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.quirumed.com/es/pulsioximetro-con-sonda-adulto.html>. [Último acceso: 21 enero 2021].”
- [2] K. Aziz, S. Tarapiah, S. H. Ismail, and S. Atalla, “Smart real-time healthcare monitoring and tracking system using GSM/GPS technologies,” *2016 3rd MEC Int. Conf. Big Data Smart City, ICBDS 2016*, pp. 357–363, 2016.
- [3] D. Kumar, Saurav, A. Yadav, and Sharmila, “Easy to wear child guarding gadget,” *Proc. - 2019 4th Int. Conf. Internet Things Smart Innov. Usages, IoT-SIU 2019*, pp. 1–6, 2019.
- [4] P. Dglodne, J. Frp, P. Uhdqprkdphg, J. Frp, P. Vkdudq, and V. Jpdlo, “Desing of a modular real time smart accessory,” pp. 106–109, 2015.
- [5] J. Montañez Ruiz, “Sistema Basado En Microcontrolador Para La Automatización De Un Acuario,” p. 64, 2017.
- [6] M. Gutiérrez Hinestroza and S. A. Iturralde Kure, *Gutiérrez & Iturralde, 2017 Manual de Instrumentación*. 2017.
- [7] M. de la Fuente, “Introduccion de sensores y tipos de sensores elctromecanicos,” *Dep. Ing. Sist. y Automática, Univ. Valladolid*, pp. 1–21, 2013.
- [8] J. J. Talamas Márquez, “Habilidades Básicas III Toma de signos vitales,” *Univ. Juarez del Estado Durango*, vol. 1, no. 1, p. 14, 2016.
- [9] “R. Castejon, «El Romeral,» 08 marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.quirumed.com/es/pulsioximetro-con-sonda-adulto.html>. [Último acceso: 05 enero 2021].”
- [10] T. U. R. I. Ola, “C Ontr,” *La Soc. Española Cadiologiía y la Fund. Española del Corazón*, pp. 1–2, 2015.
- [11] O. J. Ramal, “Diseño de un pulsioxímetro de bajo coste y salida bluetooth,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [12] K. Gadhomi, K. Keenan, R. Colorado, K. Meisel, and X. Hu, “A Statistical Comparative Study of Photoplethysmographic Signals in Wrist-Worn and Fingertip Pulse-Oximetry Devices,” *Comput. Cardiol. (2010)*, vol. 2018-Septe, pp. 1–4, 2018.
- [13] F. Romero and J. Farías, “La fiebre,” *Rev. la Fac. Med. la UNAM*, pp. 20–33, 2016.
- [14] V. Villegas González, Juliana; Villegas Arenas, Oscar Alberto; Villegas González,

- “Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273825390009>,” *Semiología los signos vitales Una mirada novedosa a un Probl. Vigen.*, vol. 2, no. 12, pp. 221–240, 2017.
- [15] D. Garin and M. Hazard, “Bluetooth - Proyecto ELo322-Redes de Computadores I,” *Dep. Electron. UTFSM*, p. 6, 2013.
- [16] P. I. Dorado-dí, “a : Aplicaciones de la inteligencia artificial en cardiología aquí,” vol. 72, no. 12, pp. 1065–1075, 2019.
- [17] T. D. E. L. Tfg, T. Autor, E. Salam, and S. J. Data, “Deep learning para el reconocimiento facial de emociones básicas,” 2019.
- [18] Y. Days, “Curso de Inteligencia Artificial y Machine Learning con Python Desde Cero. 13 dic 2019.youtube (archivo de video), <https://www.youtube.com/watch?v=us90RPAECKo&t=672s.>,” 2021.
- [19] J. San Miguel Salas, “Desarrollo con matlab de una red neuronal para estimar la demanda de energía eléctrica,” pp. 1–109, 2016.
- [20] “E. Dominguez, «Neural Networks Framework,» 4 octubre 2017. [En línea]. Available: <http://www.redes-neuronales.com.es/tutorial-redes-neuronales/que-son-las-redes-neuronales.htm>. [Último acceso: 19 diciembre 2020].”
- [21] J. A. Andrade Vera, “Aplicación móvil para la detección y tratamiento de daños de los cultivos de la parroquia Taura del cantón Durán, mediante el uso de software de análisis de imagen basado en técnicas de machine learning.,” p. 78, 2018.
- [22] M. Carlo, “Aplicación de redes neuronales en el cálculo de sobretensiones y tasa de contorneamientos,” pp. 141–232, 2019.
- [23] “ALDEA, «Alternativo, Asociacion Latinoamericana para el desarrollo,» 27 diciembre 2020. [En línea]. Available: <http://www.fundacionaldea.org/noticias-aldea/ltkb7e8a23fmcjg9ealt9ja59t8ygp>. [Último acceso: 05 enero 2021].,” 2020.
- [24] V. EC, “[Online], Available: <http://www.ciudadelatacungaonline.com/index.php/component/k2/item/3528-latacunga-tiene-el-mayor-porcentaje-en-alertas-de-violencia->,” 2020.
- [25] C. A. Aguilar Cruz, Ricardo Sebastián Ortí Maldonado, “Diseño e implementación de un sistema robótico de monitoreo e interpretación de signos vitales de personas de edad avanzada basado en openhab,” pp. 36–54, 2017.
- [26] T. H. Nasution and L. A. Harahap, “Predict the percentage error of LM35 temperature sensor readings using simple linear regression analysis,” *2020 4th Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng. ELTICOM 2020 - Proc.*, pp. 242–245, 2020.

# ANEXOS

## ANEXOS I. Certificado del Ministerio de Salud Pública

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA

# CERTIFICADO

Pastaza

08 de febrero del 2020

Yo **Carmen Nathaly Guarderas Ponce** con número de cedula **1722368329** en calidad de doctora del Subcentro de salud de Canelos. Certifico de acuerdo a mis conocimientos obtenidos a lo largo de mi carrera que las personas cuando se asustan, o se encuentran en situaciones de riesgo los signos vitales son alterados de forma inmediata por lo general esto sucede en lapso de 2 segundos o menor tiempo, mientras que cuando una persona al momento de ejercitarse sus signos vitales van aumentando prolongadamente con respecto a sus signos vitales considerados como normales, es decir, que cuando una persona está corriendo hasta que se eleve su ritmo cardíaco hasta un máximo pasa alrededor de 5 minutos esto depende mucho de la intensidad del ejercicio.

Atte.

*Dra. Nathaly Guarderas*  
 **MÉDICO RURAL**  
Ci: 1722368329

Dra : Carmen Nathaly Guarderas Ponce.

Cedula: 1722368329

Numero de registro: 1722368329

COORDINACIÓN ZONAL 3 SALUD  
Dirección: Av. Humberto Moreano y Alfonso Villagómez.  
Teléfono: 593 (03) 2961535 / 29611891  
www.salud.gob.ec



**ANEXOS II**  
**ENCUESTA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

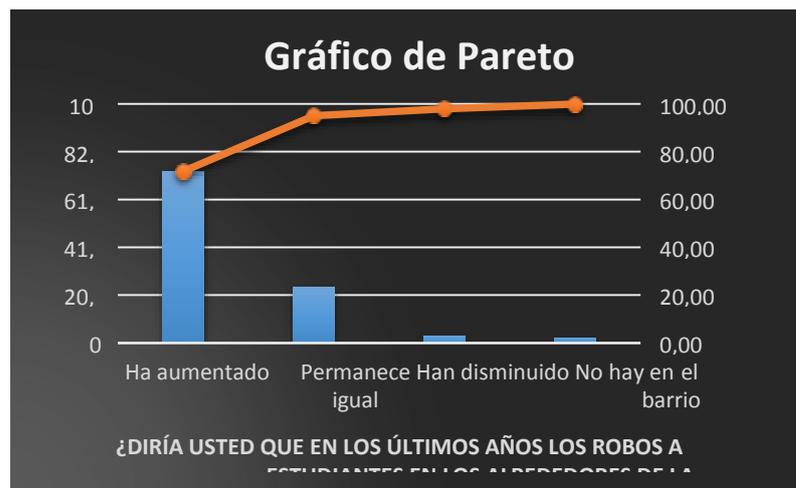
La presente encuesta forma parte de un estudio que aportar al trabajo de Titulación denominado “Diseño de un brazalete inteligente que permite enviar una señal de auxilio de forma inalámbrica”.

Encuesta de aceptación del prototipo realizada a Estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi

¿Diría usted que en los últimos años los robos a estudiantes en los alrededores de la Universidad?

**Tabla II.1.** Aumento de robo a estudiantes.

Opciones	Resultado	%	Acumulado	Por. Acumulado
Ha aumentado	74	71.84%	74	71.84%
Permanece igual	24	23.30%	98	95.15%
Han disminuido	3	2.91%	101	98.06%
No hay en el Barrio	2	1.94%	103	100.00%
<b>Total</b>	103	100.00%		



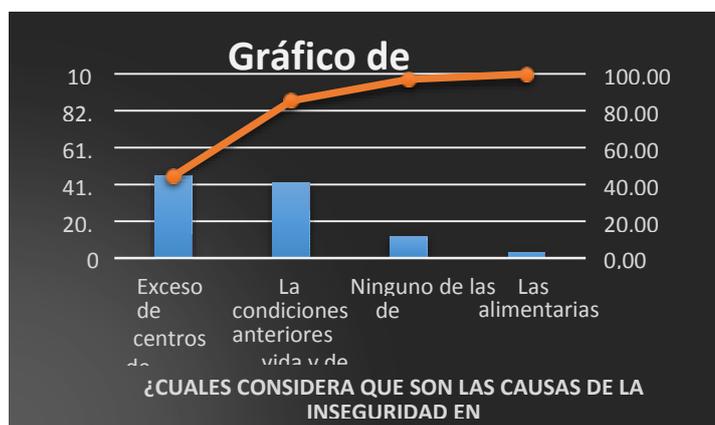
**Figura II.1.** Aumento de robo a estudiantes

El 80% de las causas se enfoca que el robo permanece igual y aumentado severamente esto nos permite determinar que la delincuencia en los alrededores de la universidad cada día es más crítica.

¿Cuáles considera que son las causas de la inseguridad en los estudiantes?

**Tabla II.2.** Causas de la inseguridad en los estudiantes

Opciones	Resultado	%	Acumulado	Por. Acumulado
Exceso de centros de diversión (Discotecas)	46	44.66%	46	44.66%
Las condiciones de vida y de trabajo.	42	40.78%	88	85.44%
Ninguno de los anteriores	12	11.65%	100	97.09%
Las carencias alimentarias	3	2.91%	103	100.00%
<b>Total</b>	103	100.00%		



**Figura II.2.** Causas de la inseguridad en los estudiantes

Las causas que el nivel de inseguridad aumente es que existe exceso centros de diversión y las condiciones de vida y de trabajo no son aceptables para que la situación cambie.

¿Qué tan de acuerdo usted está en utilizar una aplicación o un dispositivo externo para la seguridad?

**Tabla II.3.** Utilización de dispositivo externo o aplicación

17.- Opciones	Resultado	%	Acumulado	Por. Acumulado
Totalmente de acuerdo	62	60.19%	62	60.19%
De acuerdo	29	28.16%	91	88.35%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	7	6.80%	98	95.15%
Totalmente en desacuerdo	5	4.85%	103	100.00%
<b>Total</b>	103	100.00%		



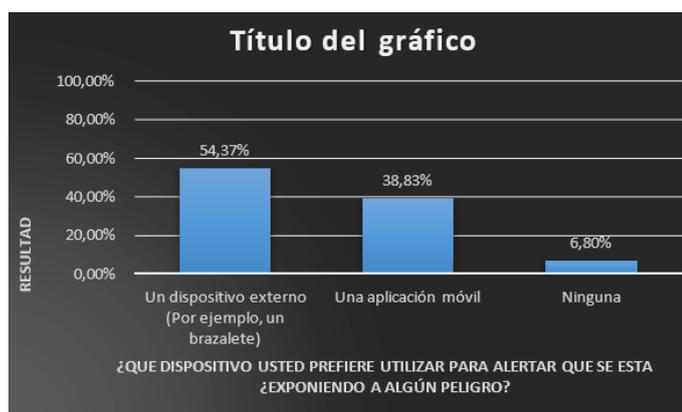
**Figura II.3.** Utilización de dispositivo externo o aplicación

Se puede asegurar que las personas optan por una medida de seguridad que les permita sentirse seguros al momento de utilizar circular por el sector de la Universidad por motivos de que la delincuencia aumenta cada día más.

¿Qué dispositivo usted prefiere utilizar para alertar que se está exponiendo a algún peligro?

**Tabla II.4.** Dispositivo para alertar que se expone algún tipo de peligro.

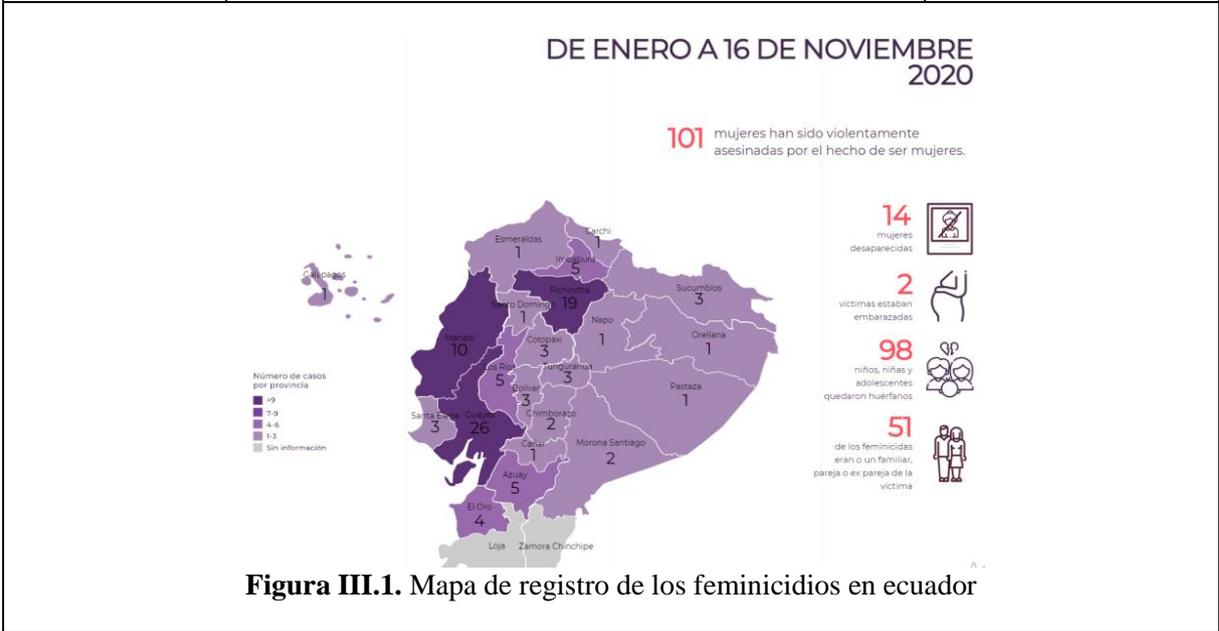
Opciones	Resultado	%	Acumulado	Por. Acumulado
Un dispositivo externo (Por ejemplo, un brazalete)	56	54.37%	56	54.37%
Una aplicación móvil	40	38.83%	96	93.20%
Ninguna	7	6.80%	103	100.00%
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>100.00%</b>		



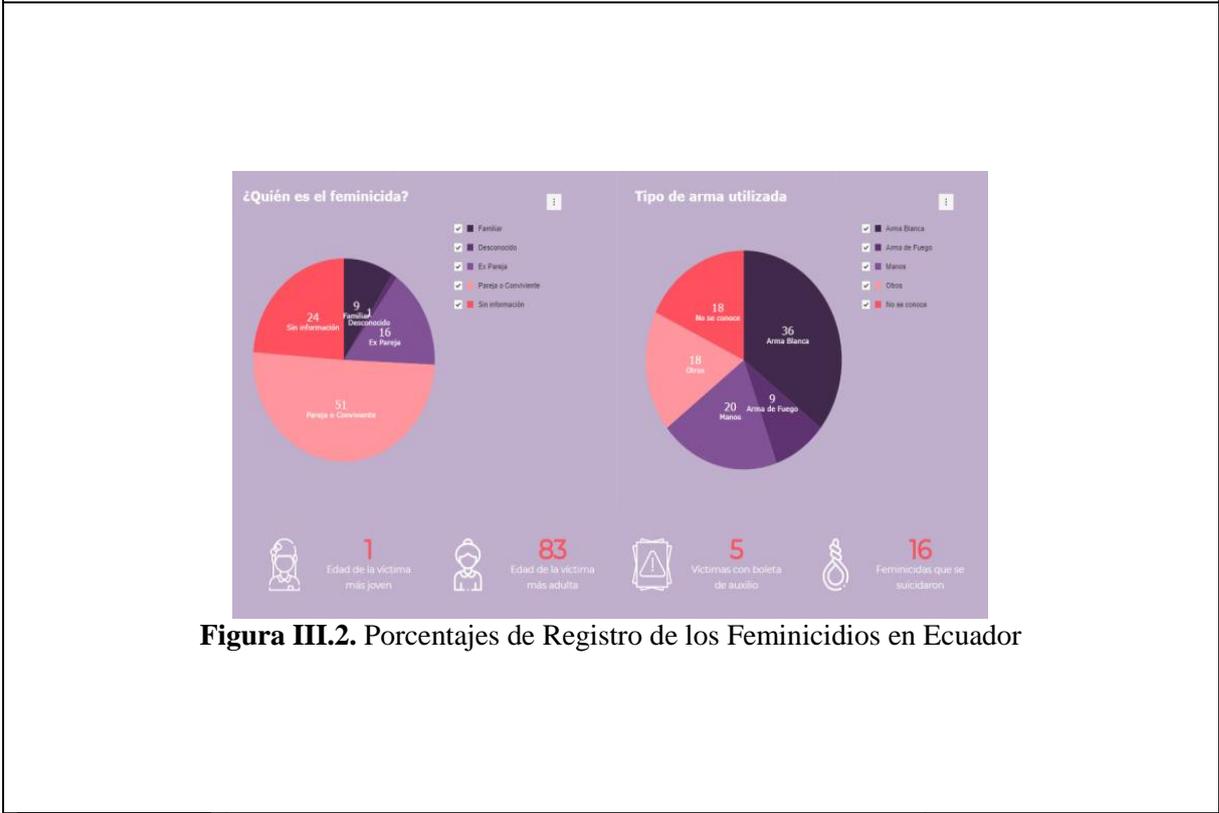
**Figura II.4.** Dispositivo para alertar que se expone algún tipo de peligro.

Un 54.37% prefiere utilizar un dispositivo externo que nos permita enviar una señal de auxilio en situaciones de riesgo, lo cual permite que se opte por realizar una manilla de seguridad para este tipo de situaciones.

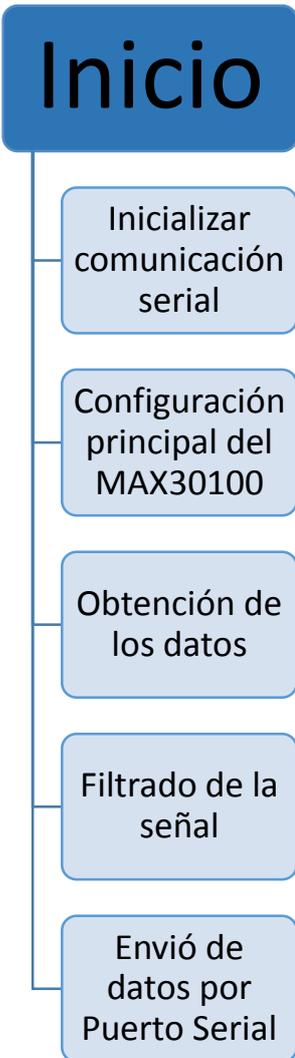
<b>ANEXOS III</b>	<b>Porcentajes de Femicidios en el Ecuador</b>	
-------------------	--	--



**Figura III.1.** Mapa de registro de los feminicidios en Ecuador



**Figura III.2.** Porcentajes de Registro de los Feminicidios en Ecuador

ANEXOS IV	Diagrama de funcionamiento de MAX30100	
<div style="text-align: center;">  <pre> graph TD     Inicio[Inicio] --&gt; Inicializar[Inicializar comunicación serial]     Inicializar --&gt; Configuración[Configuración principal del MAX30100]     Configuración --&gt; Obtención[Obtención de los datos]     Obtención --&gt; Filtrado[Filtrado de la señal]     Filtrado --&gt; Envío[Envío de datos por Puerto Serial] </pre> </div>		
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> Septiembre 2020 – Febrero 2021	



ANEXOS VI	Diseño de la placa	
-----------	--------------------	--

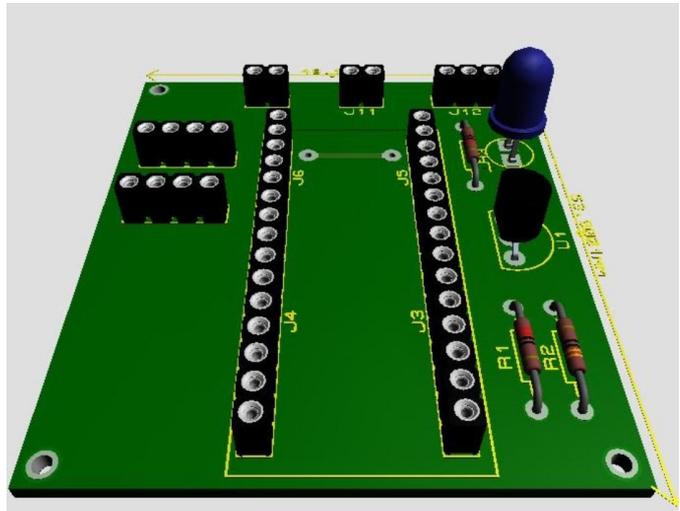


Figura VI.1. Modelado de la placa

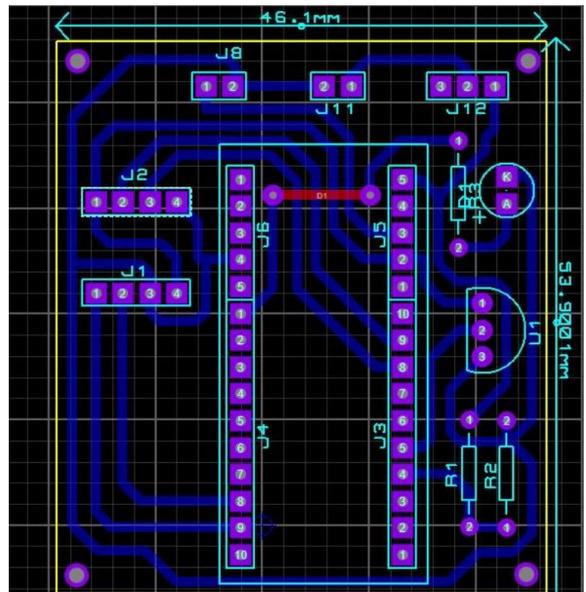
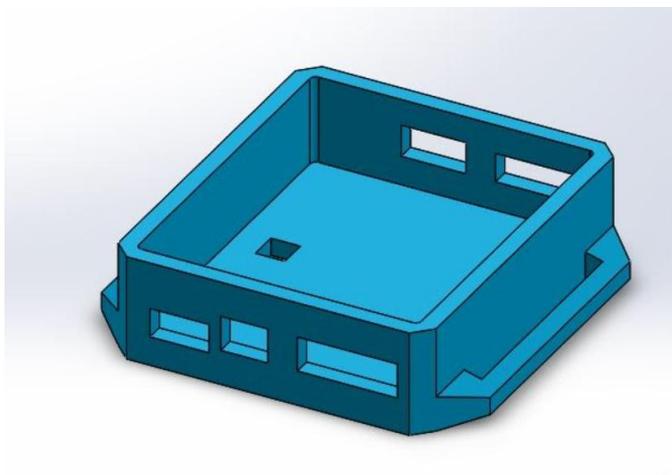


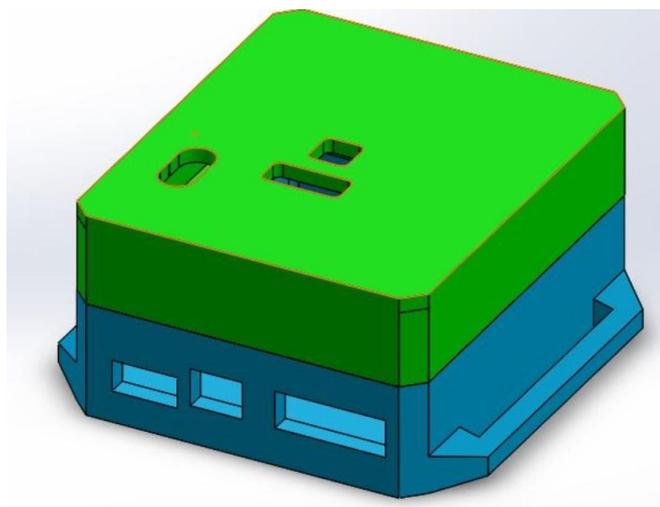
Figura VI.2. Diseño de la pista en la placa

	<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI Septiembre 2020 – Febrero 2021</p>	
---	--	---

ANEXOS VII	Diseño de la carcaza	
------------	----------------------	--



**Figura VII.1.** Diseño de la base del Brazalete

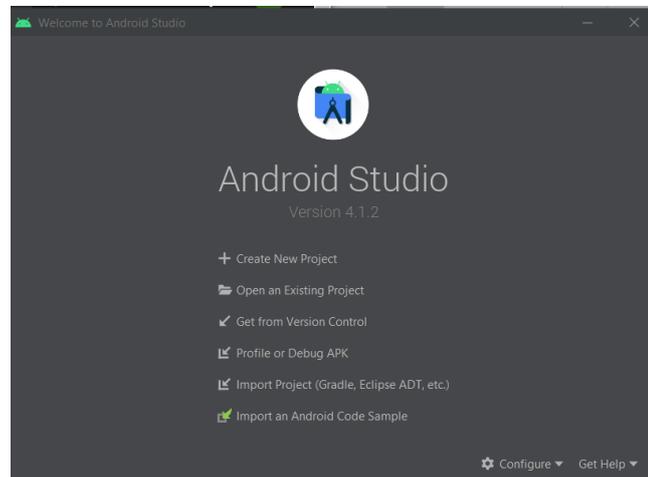


**Figura VII.2.** Diseño de la tapa del Brazalete

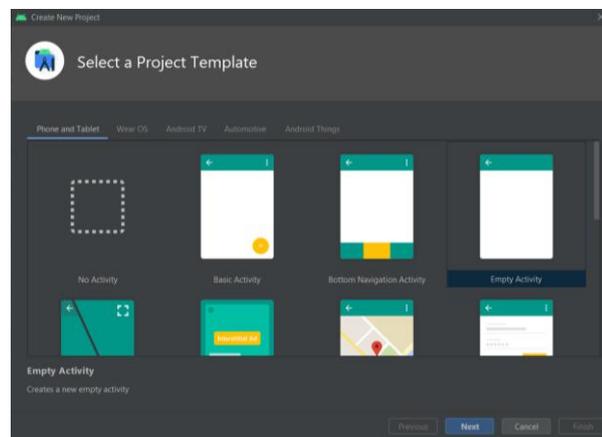


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
 Septiembre 2020 – Febrero 2021





**Figura VIII.1.** Inicio de la programación de la aplicación Android.

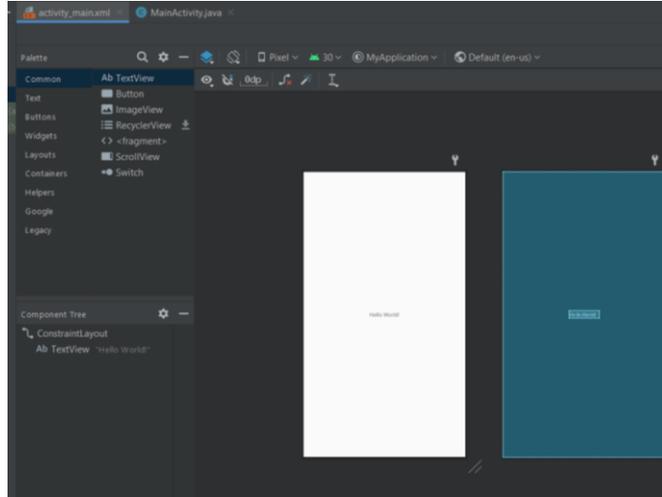


**Figura VIII.2.** Primeros pasos de programación de la aplicación Android.

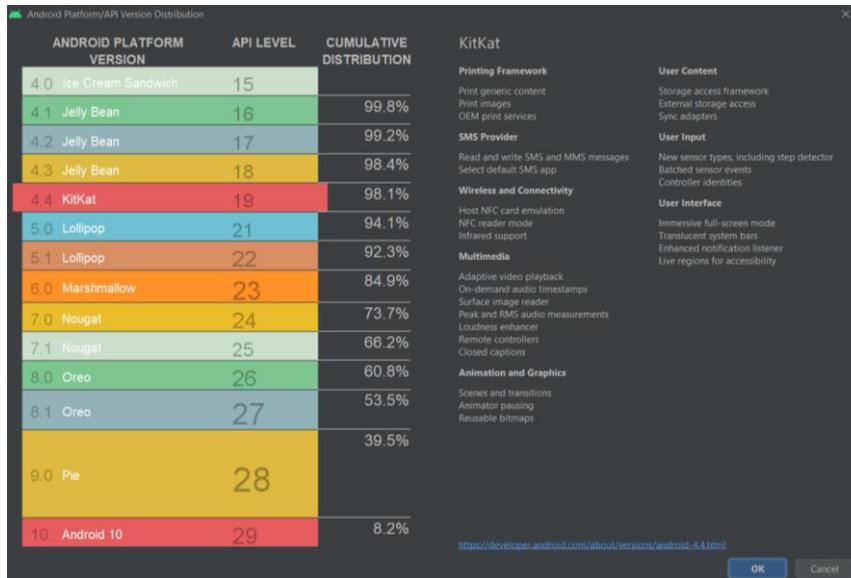


**ANEXOS IX**

**Pantalla de activities**



**Figura IX.1.** Parte gráfica de archivo XML



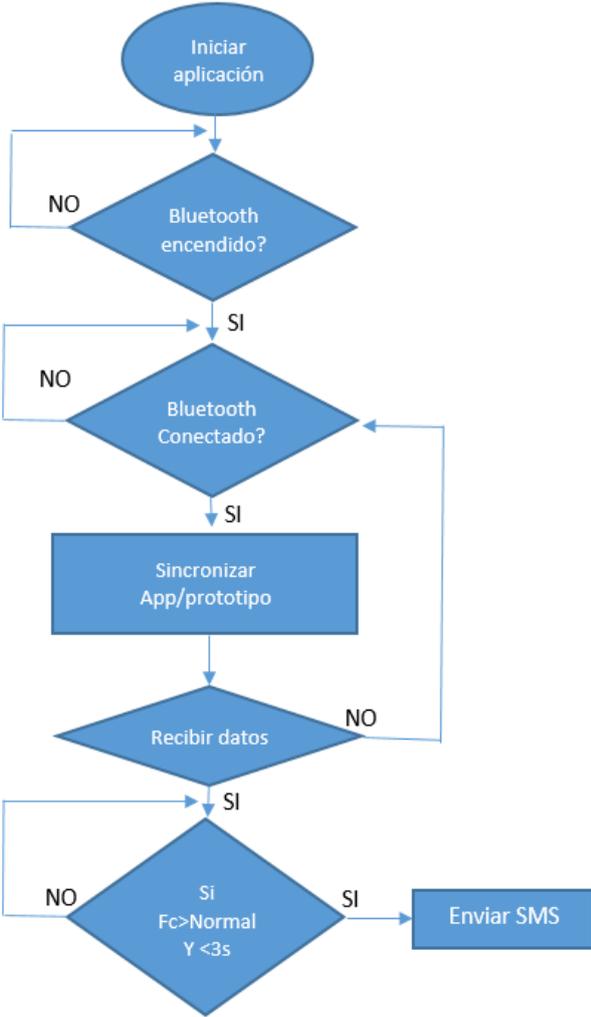
**Figura IX.1.** Plataforma de versión de Android



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**Septiembre 2020 – Febrero 2021**

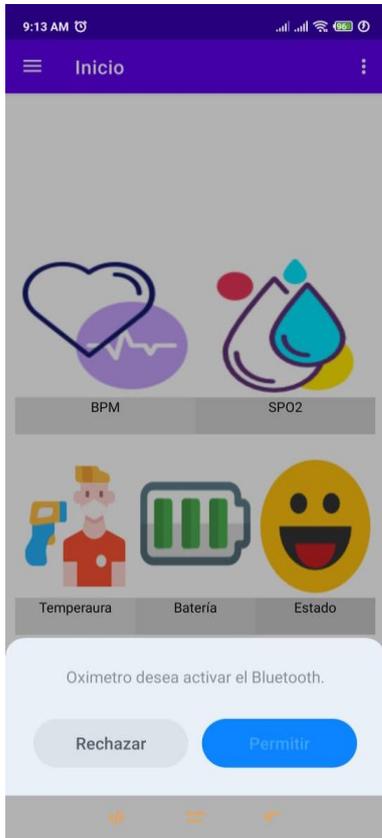


ANEXOS X.	<b>Diagrama de flujo de app</b>	
-----------	---------------------------------	--



	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2020 – Febrero 2021</b>	
---	---	---

<b>ANEXOS XI</b>	<b>APLICACIÓN</b>	
------------------	-------------------	--



**Tabla XI.1.** Iconos de la aplicación

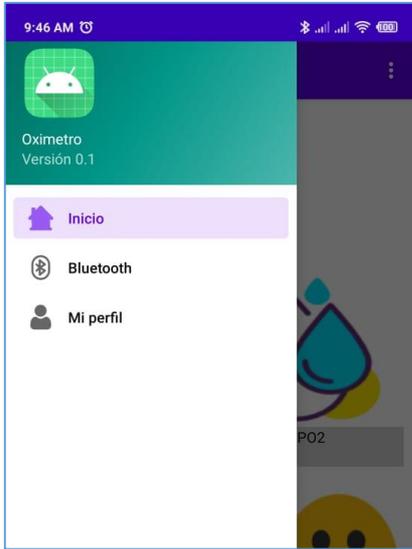
<b>Pantalla de la aplicación</b>	
	Permite observar la frecuencia cardíaca
	Cantidad de oxigenación de la sangre
	Temperatura
	Nivel de batería del brazalete
	Estado de la persona

**Tabla XI.2.** Iconos de la aplicación

<b>Permisos de la aplicación</b>	
<b>Bluetooth</b>	La aplicación detecta que el bluetooth del teléfono esta desactivado y nos envía directamente la opción de activar el bluetooth si no aceptamos este permiso no se puede acceder a nuestra aplicación.
<b>Envío de SMS</b>	De la misma forma debemos aceptar el envío de mensajes ya que la aplicación envía este mensaje de forma inmediata cuando el microcontrolador envíe la señal de que se alteró el ritmo cardiaco.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2020 – Febrero 2021</b>	
---	---	---

ANEXOS XI	<b>APLICACIÓN</b>	
-----------	-------------------	--

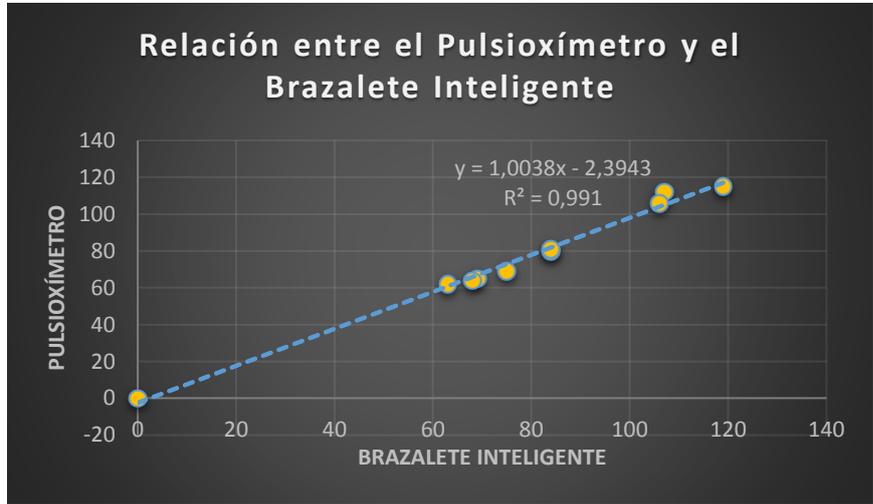


**Tabla XI.3.** Menú de la aplicación

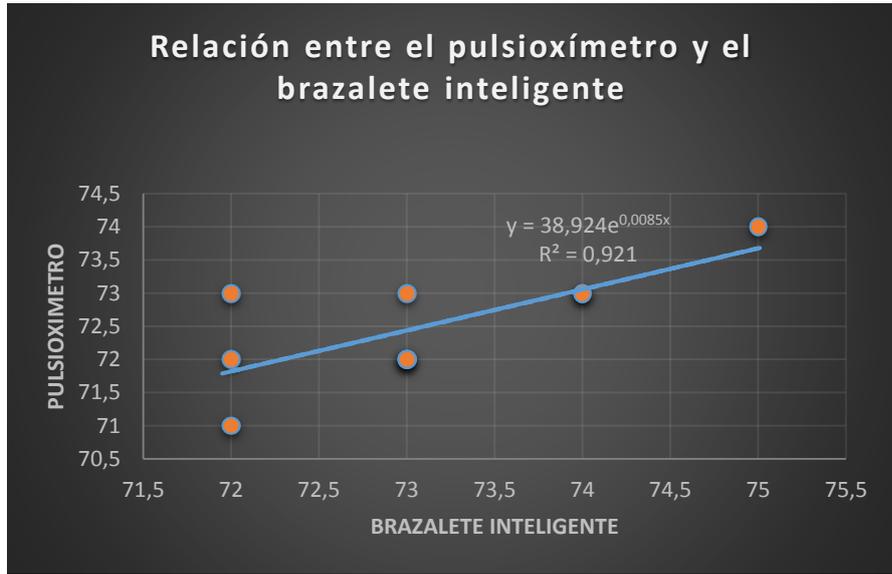
<b>Menú de la aplicación</b>	
	Inicio de la aplicación.
	Listado de bluetooth para vincular con el brazalete debemos buscar el servidor llamado Oxímetro.
	En mi perfil registramos el nombre del usuario y el número de celular de la persona a quien enviaremos en sms y presionamos actualizar para guardar los cambios.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> <b>Septiembre 2020 – Febrero 2021</b>	
--	---	--

ANEXO XII	Exactitud y precisión de frecuencia cardíaca	
-----------	--	--



**Figura XII.1.** Exactitud entre Pulse Oximeter y el Brazaletes Inteligente

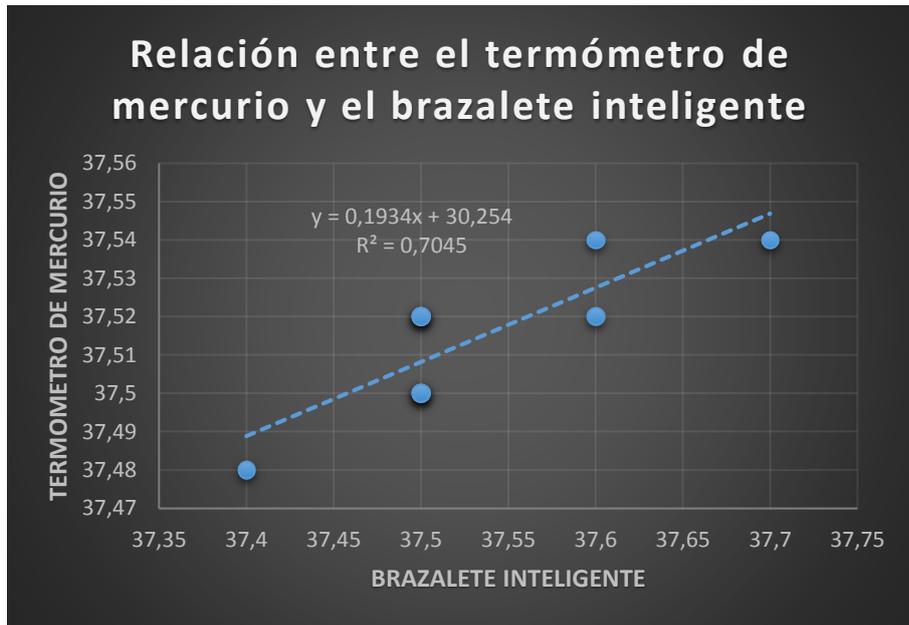


**Figura XII.2.** Precisión entre Pulse Oximeter y el Brazaletes Inteligente

ANEXO XIII	Exactitud y precisión de temperatura corporal	
------------	---	--

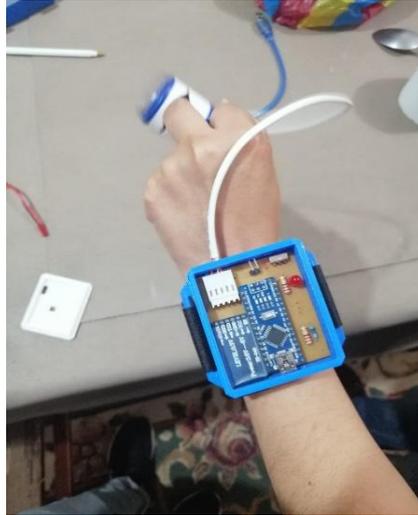


**Figura XIII.1.** Exactitud entre el termómetro de mercurio y el Brazaletes Inteligente



**Figura XIII.2.** Precisión entre el termómetro de mercurio y el Brazaletes Inteligente

<b>ANEXO XIV</b>	<b>Implementación del Brazaletes</b>	
------------------	--------------------------------------	--



**Figura XIV.1.** Implementación del circuito en la placa



**Figura XIV.2.** Brazaletes Terminado

	<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>          Septiembre 2020 – Febrero 2021</p>	
---	---	---