



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
TELECOMUNICACIONES E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES

TEMA:

***SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO DE SEÑALES
FISIOLÓGICAS CON GESTIÓN DE EMERGENCIAS PARA
SEGURIDAD VIAL DE CICLISTAS AMATEUR***

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de Comunicación

AUTOR: Bonilla Jeréz Mario Xavier

TUTOR: Ing. Córdova Córdova Edgar Patricio Mg.

Ambato-Ecuador

2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo Ing. Córdova Córdova Edgar Patricio Mg. en mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO DE SEÑALES FISIOLÓGICAS CON GESTIÓN DE EMERGENCIAS PARA SEGURIDAD VIAL DE CICLISTAS AMATEUR, del señor BONILLA JERÉZ MARIO XAVIER , estudiante de la Carrera de Ingeniería ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES, de la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato julio, 2019



Ing. Córdova Córdova Edgar Patricio Mg.

AUTORÍA

Yo, Mario Xavier Bonilla Jeréz con C.I: 0502794274, por este medio certifico que el presente Proyecto de Investigación titulado: **SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO DE SEÑALES FISIOLÓGICAS CON GESTIÓN DE EMERGENCIAS PARA SEGURIDAD VIAL DE CICLISTAS AMATEUR**, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato julio, 2019



Mario Xavier Bonilla Jeréz

CC: 050279427-4

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato julio, 2018



Mario Xavier Bonilla Jeréz

CC: 050279427-4

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Santiago Mauricio Altamirano Meléndez e Ing. Mario Geovanny García Carrillo, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO DE SEÑALES FISIOLÓGICAS CON GESTIÓN DE EMERGENCIAS PARA SEGURIDAD VIAL DE CICLISTAS AMATEUR**” presentado por el señor Mario Xavier Bonilla Jeréz, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la Aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



.....
Ing. Elsa Pífar Urrutia Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



.....
Ing. Santiago Altamirano Mg.

DOCENTE CALIFICADOR



.....
Ing. Mario García Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Familia por ser los protagonistas que forjaron mi vida, a mis Abuelitos Gonzalo y Carmen, mi Madre Patricia Jeréz, mi Hermana Michelle y mi Padre Mario Bonilla por apoyarme en los momentos que sentía decaer, sin duda este gran logro se lo debo a tantos consejos y palabras de aliento que supieron brindarme con el único objetivo, ver cristalizado mi sueño de ser profesional.

Mario Xavier Bonilla Jeréz

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por regalarme la dicha de cumplir mi sueño y poder hacer partícipes de este logro a toda mi familia, que en su momento me regalaron palabras de aliento, diciéndome que si era posible terminar lo que empecé.

A mis segundos padres Gonzalo y Carmen seres extraordinarios que Dios me regalo, ejes fundamentales en mi niñez y en mi vida, misma que no me alcanzaría para pagarles todo lo que han hecho por mí, Gracias Papitos los Amo.

A mi madre Patricia Jeréz por haber sido mi cómplice y compañera de lágrimas cuando las cosas no salían bien, gracias por no dudar que lo lograríamos, es claro, Dios se esmeró en regalarme su mejor Ángel para cuidarme.

A mi hermana Michelle Bonilla, mi amiga tímida y silenciosa, la que con solo una mirada basta para decirme que las cosas van a estar bien, gracias porque sabía que no podía fallarte.

A mi tutor Ingeniero Patricio Córdova por su paciencia, ayuda y guía en todo el proceso de elaboración de mi proyecto de Titulación.

Mario Xavier Bonilla Jeréz

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPITULO I.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 DELIMITACION	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5 OBJETIVOS.....	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.2.1 El Ciclismo.....	8
a) Infraestructura para bicicletas en el Ecuador	8
2.2.2 Ciclovía	10
a) Ciclovía Segregada	10

b)	Ciclovía en espaldón	10
c)	Accidentes comunes en Ciclistas	11
d)	Límites de velocidad para ciclistas dependiendo la vía de movilización 13	
2.2.3	Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial	13
a)	Deberes y Derechos de los Ciclistas	13
2.2.4	Técnica del Ciclismo.....	14
b)	Seguridad y Señalización vial de Ciclistas	14
c)	Elementos Indispensables para la seguridad en el ciclismo.....	15
2.2.5	Afecciones Comunes en los Ciclistas	16
a)	Bronco espasmo	16
b)	Golpe de Calor	17
2.2.6	¿Qué son los Signos Vitales?	17
2.2.7	Métodos de Adquisición de Señales Fisiológicas	18
a)	Temperatura	18
b)	Saturación de Oxígeno (Oximetría)	19
c)	Frecuencia Cardíaca	20
2.2.8	Sistemas de Monitorización y Control.....	21
a)	Sistemas de Monitorización	22
b)	Sistemas de Control	22
2.2.9	Procesamiento Digital de Señales	23
a)	Equipos de medición estándar para señales fisiológica	23
b)	Módulos de Adquisición de señales.....	23
2.2.10	Sistemas de Comunicaciones	25
a)	Tecnología WiFi	26
b)	Tecnología GPRS.....	26
c)	Ethernet	27

2.2.11	Sistema de Posicionamiento Global GPS	27
a)	Sensores de posicionamiento	28
2.2.12	Base de Datos	29
a)	Servidor	29
b)	Servidor LAMP	29
c)	MySQL.....	30
d)	MariaDB.....	30
e)	PhpMyAdmin.....	30
2.2.13	Herramientas para el Procesamiento de Señales.....	30
a)	Hardware	30
b)	Software	31
2.3	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	32
CAPITULO III.....		33
3.1	MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.2	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	33
3.3	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	34
3.4	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	34
CAPITULO IV.....		37
4.1	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	38
4.1.1	Factibilidad Técnica	38
4.1.2	Factibilidad Económica.....	38
4.1.3	Factibilidad Bibliográfica.....	38
4.2	Requerimientos Técnicos	38
4.3	ESTANDARIZACIÓN DE SEÑALES FISIOLÓGICAS EN CICLISTAS	41
4.4	SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO.....	43

4.4.1	Jersey.....	43
a)	SISTEMA DE ILUMINACIÓN	44
b)	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES DEL JERSEY	46
c)	TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN	50
d)	SISTEMA MICROCONTROLADO	52
4.4.2	Estación de Bicicleta.....	54
a)	SISTEMA PARA INTERFAZ DE USUARIO HMI.....	55
b)	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES DE LA ESTACIÓN DE BICICLETA	57
c)	TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN.....	61
d)	SISTEMA MICROCONTROLADO	63
4.4.3	Terminal Receptor.....	63
a)	SISTEMA PARA TERMINAL RECEPTOR.....	63
4.5	DESARROLLO DEL PROTOTIPO.....	68
4.5.1	Jersey.....	68
a)	Sistema de Iluminación.....	70
b)	Parametrización y Adquisición de Señales Fisiológicas para el Jersey73	
c)	Parametrización y Adquisición de Señales de Posición para la activación de indicadores lumínicos y alertas	80
d)	Sistema de comunicación entre las dos estaciones	82
e)	Transmisión de datos	83
4.5.2	Estación de Bicicleta.....	85
a)	Adquisición de Señales Estación de Bicicleta	87
b)	Interfaz de Usuario (HMI)	89
c)	Sistema de comunicación.....	91
d)	Transmisión de datos	91
e)	Generación de alertas a través de SMS	92

4.5.3	Terminal Receptor.....	94
a)	Desarrollo de la base de datos.....	95
b)	Sistema de comunicación inalámbrico y decodificación de SMS	98
c)	Almacenamiento de información en la base de datos	99
4.6	Construcción del Dispositivo	101
4.6.3	Circuito Impreso Placa Electrónica.....	102
4.6.4	Pruebas de funcionamiento	104
4.7	Análisis de Resultados.....	105
	Error Absoluto (Ea).....	106
	Error Relativo (Er)	106
a)	Señales Fisiológicas	106
b)	Ubicación del Ciclista	110
c)	Tiempos de respuesta de recepción de mensajes de alerta.....	111
4.8	PRESUPUESTO	113
	CAPITULO V	116
5.1	CONCLUSIONES.....	116
5.2	RECOMENDACIONES	117
	Bibliografía	118
	Anexos	124

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ciclovía Segregada	10
Fig. 2. Ciclovía tipo uno	11
Fig. 3. Ciclovía tipo dos	11
Fig. 4. Colisión por Alcance	12
Fig. 5. Bronco espasmo, encogimiento de cavidad toxica.	17
Fig. 6. Signos Vitales	18
Fig. 7. Elementos de un Sistema de Monitorización.....	22
Fig. 8. Diagrama de Bloques Sistema de Control	23
Fig. 9. Elementos de un sistema de comunicación.....	25
Fig. 10. Esquema de un sistema de Localización	28
Fig. 11. Diagrama de flujo de actividades del proyecto.....	36
Fig. 12. Diagrama de Procesos, Sistema autónomo de monitoreo de señales Fisiológicas	40
Fig. 13. Punto de instalación de señales luminosas	44
Fig. 14. Led SMD.	46
Fig. 15. Esquema Microcontrolador Nodemcu Esp8266	54
Fig. 16. Punto de instalación de la estación de bicicleta.....	55
Fig. 17. Arquitectura de Funcionamiento SIM7100A..	59
Fig. 18. Circuito Estación Jersey	68
Fig. 19. Circuito Base Tira Led.....	71
Fig. 20. Tira LED SMD 5050.	71
Fig. 21. Esquema Electrónico para la Activación del Sistema de Iluminación	72
Fig. 22. Encapsulado Sensor DS18B20	73
Fig. 23. Acondicionamiento Sensor DS18B20	74
Fig. 24. Absorción de Luz Roja e Infrarroja por la Oxihemoglobina y la Desoxihemoglobina	77
Fig. 25. Diagrama de Funcionamiento Sensor Max 30100.....	78
Fig. 26. Sensor MPU-6050 Acelerómetro y Giroscopio.....	80
Fig. 27. Esquema de la Comunicación I2	81
Fig. 28. Señales de Cambios de Giro en Ciclistas	81
Fig. 29. Diagrama de Comunicación entre la Estación Jersey y la Estación de la Bicicleta	82

Fig. 30 Proceso de funcionamiento de la estación Jersey	84
Fig. 31. Circuito Estación Bicicleta	85
Fig. 32. Software Nextion Editor Interfaz.....	89
Fig. 33. Interfaz Gráfica Estación Bicicleta	90
Fig. 34 Proceso de funcionamiento estación de la bicicleta.....	93
Fig. 35. Terminal Receptor	94
Fig. 36. Interfaz Servidor Apache2.....	95
Fig. 37. Resultado correcto de la instalación de MariaDB	96
Fig. 38. Instalación exitosa de PHP	97
Fig. 39. Instalación exitosa phpMyAdmin.....	97
Fig. 40. Base de datos en funcionamiento.....	101
Fig. 41 Estación Jersey en funcionamiento.....	101
Fig. 42. Estación de la bicicleta en funcionamiento.....	102
Fig. 43. Circuito impreso estación Jersey	102
Fig. 44. Circuito impreso estación de la bicicleta	103
Fig. 45. Placas de Fibra, implementación del prototipo.....	104
Fig. 46. Datos medidos con dispositivos médicos	104
Fig. 47. Datos medidos con el prototipo desarrollado	105
Fig. 48. Sistema de Iluminación en funcionamiento.....	105
Fig. 49. Ubicación y Datos enviados por el Prototipo en funcionamiento	110
Fig. 50. Ubicación utilizando una Pc para verificar ubicación enviada por el prototipo	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1. Ciclovias en el país	9
Tabla. 2. Velocidad en ciclistas.....	13
Tabla. 3. Elementos de Seguridad para Ciclistas	15
Tabla. 4. Temperatura corporal en seres humanos.....	19
Tabla. 5. Niveles de Oxigenación en la sangre	20
Tabla. 6. Niveles de frecuencia cardíaca en seres humanos	21
Tabla. 7. Rangos de Temperatura a Monitorear al Practicar Ciclismo	41
Tabla. 8. Riesgo en los niveles de oxígeno en la sangre	42
Tabla. 9. Rangos de Frecuencia Cardíaca	42
Tabla. 10. Análisis Comparativo, Sistema de Iluminación.....	45
Tabla. 11. Análisis comparativo, Sensores de Oximetría.	47
Tabla. 12. Análisis comparativo, Sensores de Temperatura.	48
Tabla. 13. Análisis comparativo, Sensores Orientación y Posición.....	49
Tabla. 14. Análisis comparativo, Tecnologías Inalámbricas.	51
Tabla. 15. Análisis Comparativo Microcontrolador.	53
Tabla. 16. Análisis Comparativo, Dispositivos de Visualización.....	56
Tabla. 17. Análisis Comparativo, Módulos de Comunicación.	58
Tabla. 18. Análisis comparativo de Sensores de Velocidad.	60
Tabla. 19. Análisis comparativo, Tecnologías Inalámbricas.	62
Tabla. 20. Análisis comparativo de dispositivos para levantamiento de servidor.	64
Tabla. 21. Análisis de Selección del Módulos de Comunicación-Terminal Receptor..	65
Tabla. 22. Análisis Comparativa, Modulo para Procesamiento de Datos del Receptor.	67
Tabla. 23. Consumo de Voltaje y Corriente Estación Jersey.....	69
Tabla. 24. Muestras de Temperatura corporal.	75
Tabla. 25. Consumo de Voltaje y Corriente Estación Jersey.....	86
Tabla. 26. Análisis de Resultados, Error Absoluto y Error Relativo Considerando la Temperatura Corporal como Variable	107
Tabla. 27. Análisis de Resultados, Error Absoluto y Error Relativo Considerando la Saturación de Oxígeno en la Sangre como Variable.....	108

Tabla. 28. Análisis de Resultados, Error Absoluto y Error Relativo Considerando la Frecuencia Cardíaca como Variable	109
Tabla. 29. Análisis de tiempos de respuesta de la estación de bicicleta hacia el servidor	111
Tabla. 30. Análisis de los tiempos de respuesta de la estación de bicicleta hacia el contacto de emergencia.....	112
Tabla. 31. Costo de Diseño del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas	113
Tabla. 32. Costo de Materiales del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas	114
Tabla. 33. Costo total del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas	115

RESUMEN

El presente proyecto de investigación detalla la implementación de un sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, mismo que fue desarrollado a partir de los problemas existentes a la hora de practicar este deporte, por parte de las personas que usan el ciclismo para mantener un estado óptimo de salud o lo utilizan como medio de transporte.

Por lo que debido a la falta de conciencia de los límites físicos de un deportista se llevó a considerar para este sistema, la temperatura como una variable importante para evitar shocks de calor y posibles desmayos en los periodos de entrenamiento, a su vez se monitoreó el nivel de oxígeno en la sangre, con el objetivo de impedir que exista deficiencia de oxígeno en el cuerpo, ayudando a prevenir la acumulación de ácido láctico en los músculos que están sujetos a esfuerzo físico, por otra parte el cuerpo humano al hacer ejercicio está ligado al aumento del ritmo cardiaco, mismo que también ha sido tomado en consideración ya que mientras se realiza actividad física, de acuerdo a parámetros seguros se elimina riesgos por sobre esfuerzo en los entrenamientos

Es así que el sistema cuenta con bandas luminosas, mismas que serán accionadas por medio de sensores de movimiento, dependiendo la situación del ciclista ya sea una parada inesperada o presuntos giros o cambios de trayectoria, advirtiendo a los usuarios de las vías que comparten la ruta con los ciclistas.

Este sistema está integrado en un Jersey, que es la indumentaria para ciclistas, el cual ayudará con la activación de las alertas de emergencia si el deportista sufre un accidente o si sus variables fisiológicas monitoreadas cambian repentinamente, las alertas contiene los datos de los sensores y ubicación del deportista y son enviadas a través de un SMS hacia un terminal receptor donde la información será almacenada y hacia un familiar para que el mismo acuda al rescate del deportista.

Palabras clave: jersey, ciclismo, señales fisiológicas.

ABSTRACT

This research project details the implementation of an autonomous system to monitor physiological signals with emergency management for the road safety of amateur cyclists, the system was developed based on the existing problems at the time of practicing this sport, by people who use cycling to maintain an optimal state of health or use it as a means of transport.

The lack of awareness of the physical limits of an athlete led to consider, the temperature as an important variable to avoid heat shocks and possible fainting in training periods, in turn monitored the level of oxygen in the blood, with the objective of preventing oxygen deficiency in the body, helping to prevent the accumulation of lactic acid in muscles that are subject to physical exertion, on the other hand the human body when exercising is linked to the increase in heart rate while doing physical activity, according to safe parameters, risks are eliminated due to over effort in training.

The system has light bands that will be activated by means of motion sensors, depending on the cyclist's situation, whether it is an unexpected stop or presumed turns or trajectory changes, warning users of the routes that share the route with cyclists. . The system is integrated in a jersey that is the clothing for cyclists which helps with activation of emergency alerts if the athlete suffers an accident or if their monitored physiological variables change suddenly, the alerts contain the data of the sensors and location of the athlete and they are sent via SMS to a receiving terminal where the information will be stored and to a family member so that he / she can come to the rescue of the athlete.

Keywords: sweater, cycling, physiological signals

INTRODUCCIÓN

El parque automotor en la década de los 60 invadió las ciudades a nivel mundial, en la actualidad el crecimiento es desmedido provocando serios problemas en la movilidad y el campo ambiental, por lo que es imposible reestablecer políticas de seguridad vial, aun cuando las mismas existen pero no se respetan porque hay una gran disputa del metro cuadrado de espacio en sectores sumamente concurridos, esto sucede principalmente en las grandes ciudades ya que existe el colapso por el diseño mismo de las ciudades que a futuro no se predijo que los peatones buscaran nuevas alternativas de movilidad ya sea este el caminar o el uso de la bicicleta para realizar sus actividades diarias siendo el principal objetivo adaptar las vías vehiculares para ser compartidas entre peatones vehículos y bicicletas [1].

La alternativa más viable en cuanto a seguridad y sitios destinados a peatones, debería ser el desplazamientos a pie y el uso de la bicicleta, puesto que es probablemente el medio de transporte más eficaz, en cuanto a velocidad, espacio que ocupa en la vía y contaminación; haciendo énfasis que en el caso de la utilización de la bicicleta esta nos sirve para desplazamientos urbanos inferiores a 10 Km, aunque esta distancia varia si el uso de la bicicleta es con el fin de practicarlo como deporte para mantener un estado de salud óptimo llegando a sobrepasar los 50 km de distancia recorrida en tiempos promedio de dos a tres horas, tiempo que permanece el deportista expuesto a los peligros de las vías por las que transita mientras dura su periodo de entrenamiento [2].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) cada año se pierde un estimado de 1,5 millones de vidas en el mundo a consecuencia de los accidentes de tránsito, tomando en cuenta que los más vulnerables son los usuarios de vías públicas, hablando de ciclistas esto representa un 10%, según el informe de la OMS solo 68 países disponen políticas de desplazamiento tanto para peatones como para bicicletas y solo

79 países tienen políticas para proteger a los mismos apartándolos del tráfico motorizado de gran velocidad.

Es así que a través del presente proyecto se implementó un sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, mismo que consta de cinco capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación:

En el primer capítulo, se da a conocer los motivos por el cual es necesario el desarrollo de esta investigación, junto con el análisis y planteamiento del problema, la justificación del porque realizar el sistema, y la propuesta de los objetivos que condujeron al desarrollo e implementación del proyecto.

En el segundo capítulo, se detalla los aspectos teóricos para identificar las distintas formas de obtener señales del cuerpo de las personas, con diferentes sensores existentes hasta la actualidad y la propuesta con la cual se dará solución al problema planteado.

En el tercer capítulo, se especifica la metodología, el tipo de investigación, recolección de la información y las actividades que se desarrollaron para la elaboración del proyecto.

En el cuarto capítulo, se explica de manera detallada el diseño e implementación del sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, haciendo énfasis en la selección de componentes del proyecto.

Y por último, en el quinto capítulo, se indica las conclusiones y recomendaciones adquiridas al finalizar la investigación y montaje del prototipo.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas con Gestión de Emergencias para Seguridad vial de Ciclistas Amateur”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una cuestión de vida o muerte que lleva alrededor de más de cinco décadas desde que la periodista Jane Jacobs, publicó en el libro *Muerte y Vida de las Grandes Ciudades*, en 1961. En el cual Jacobs afirma, cómo el aumento masivo del automóvil y el diseño urbanístico de las ciudades, dará como resultado calles llenas de automotores, mas no de sitios destinados para el peatón a través de los cuales este pueda llegar a su destino de trabajo si es que la situación lo requiere, debido al mal manejo de los espacios en cuanto al diseño que se tenía, ya que nadie se imaginó este aumento desmedido del tránsito vehicular [1].

Es por eso que Jacobs puede ser considerada como el primer grito que generó el inicio de una voz que clama por un cambio en la forma que se diseñan las ciudades, haciendo que una ciudad no sea una red donde se fusionan espacios y edificios sin considerar la existencia de peatones ciclistas que buscan un espacio seguro para poder trasladarse de un sitio a otro sin la preocupación de ser afectados por un conductor negligente. Aquí es precisamente cuando surge un análisis y sobresale que las ciudades del Ecuador están sujetas, más al espacio que al diseño anticipado de las mismas [1], [2], [3].

Al considerar el diseño de estas ciudades y al aumento desmedido del parque automotor, es que ahora en las ciudades se opta por la utilización de transporte de

tracción humana, como es la bicicleta ya que presenta una nueva alternativa de movilidad para las personas y a la vez ofrece un ahorro en la economía, por ende mayor eficiencia en el transporte y en la sustentabilidad del planeta, ya que no contamina el medio ambiente; el uso de la bicicleta ha provocado que el ciclismo avance como epidemia, ya sea como medio de transporte o como un deporte, puesto que para mantener un óptimo estado de salud, sin duda la utilización de la bicicleta es una actividad deportiva que mueve un gran número de personas, contribuyendo en gran medida a una generación libre de vicios, sin embargo, esta práctica a sido truncada muchas veces por los accidentes de tránsito debido a la mayoría de vehículos que existe de en las vías, ya que las autoridades encargadas de la creación de sitios específicos para esta actividad, no invierten lo suficiente en la seguridad y mucho menos en sitios adecuados para el desarrollo de este deporte [3], [4].

Al observar que la infraestructura para otros deportistas es reutilizable, debido a que en un mismo espacio se pueden practicar varios deportes, a las autoridades encargadas se les dificulta invertir en realizar velódromos, pistas o circuitos cerrados para ciclistas, ahora bien, al hablar de ciclistas amateur no se cuenta con áreas específicas para su práctica, lo que obliga a los usuarios a poner en peligro su vida, sin intención de hacerlo, pues no cuentan con las debidas medidas de seguridad sin hacer referencia a los cascos, rodilleras coderas, entre otros, pues esta indumentaria evita golpes mas no impide accidentes entre autos y ciclistas en las vías automovilísticas, haciendo de este el problema principal a tratar.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) cada año se pierde un estimado de 1,24 millones de vidas en el mundo a consecuencia de los accidentes de tránsito, siendo los más vulnerables los usuarios de la vía pública es decir 22% peatones, 5% ciclistas y 23% motociclistas, según el informe de la OMS solo 68 países disponen políticas de desplazamiento tanto para peatones como para bicicletas y solo 79 países tienen políticas para proteger a los mismos apartándolos del tráfico motorizado de gran velocidad, en Ecuador no todas las ciudades cuentan con vías destinadas para practicar este deporte, puesto que las autoridades no le dan la importancia requerida, y a pesar de estas falencias no existe factor suficiente para que lo dejen de practicar, eso quiere decir que los accidentes de tránsito no han cesado debido a esta problemática ya que no hay ninguna solución por parte de las autoridades competentes [4], [5].

Por lo que en la actualidad, debido a esta problemática de que las autoridades competentes no priorizan la seguridad de los ciclistas, y solo crean autopistas en las que se desplacen vehículos motorizados, se ha vuelto necesario el uso de la tecnología y los avances que esta tiene, con lo cual se desea crear un dispositivo que ayude a que los ciclistas sean visibles ante las personas que usan vehículos motorizados en las vías, dando la oportunidad a que los usuarios de los vehículos tengan mejor visibilidad y a la vez concienticen que existen medios de transporte más pequeños que hacen uso de las carreteras para entrenar o mantener su estado de salud, lo cual hará que los ciclistas tengan un mejor desempeño en este deporte.

La indumentaria tradicional para ciclistas no permite brindar seguridad suficiente para los mismos, ya que al llegar a este deporte con tecnología de bajo costo y acceso se amplía el margen de seguridad en campos que no se tenía, sabiendo que tiempo atrás no era posible dar seguimiento a los deportistas que practican el ciclismo, pues las variables obtenidas en este proceso pueden ser analizadas continuamente y diagnosticar posibles desgastes inapropiados a la hora de la práctica.

1.3 DELIMITACION

Área: Comunicaciones

Línea de investigación: Tecnologías de Comunicación

Sub Líneas de investigación: Comunicaciones Inalámbricas

Delimitación Temporal:

La presente investigación se desarrolló en el periodo marzo 2018 – agosto 2019 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Delimitación Espacial:

El presente proyecto se realizará en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La sociedad actual experimenta cambios extremadamente importantes en cuanto a la movilidad en las ciudades, debido al aumento desmedido del parque automotor, hoy en día las personas ven la necesidad de buscar otro medio de transporte que brinde mayor eficiencia ya sea económica o reducción del tiempo de transporte, es así que el uso de la bicicleta en el país ha encendido alertas ya que el país no cuenta con áreas específicas para practicar este deporte.

En Ecuador la práctica del ciclismo ya sea como medio de transporte o deporte para mantener un buen estado de salud, ha provocado que el ciclismo se viralice llevando a la creación de grupos de personas afines a este deporte, los mismos que usan el ciclismo como transporte diario, la falta de sitios específicos para practicarlo ha ocasionado el aumento de accidentes entre autos y ciclistas por falta de conciencia en cuanto a medidas de seguridad, por este motivo fue necesario implementar un sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, que permitió tener un mayor control de la condición física del deportista evitando así accidentes, ya que sus funcionalidades electrónicas agregan características que los equipos tradicionales de ciclismo no cuentan por su falta de tecnología.

Este sistema está orientado a ciclistas amateur, teniendo en cuenta que muchos deportistas al ser amateur, no tienen conciencia de sus límites físicos, ni los conocimientos adecuados para evitar producirse lesiones, siendo una alternativa importante el seguimiento continuo del estado en el que se encuentra el deportista, donde el beneficiario directo de la investigación realizada, es la comunidad que utiliza el ciclismo como medio de transporte o deporte, ya que dentro de sus prioridades está mantener su seguridad en las vías, para lograr un mejor desempeño en el entrenamiento.

Varias de estas actividades se las realiza por las noches, cuando la luz escasea, además de que no se cuenta con la tecnología para monitorear a todos los ciclistas en tramos largos, con este sistema se benefició indirectamente a los usuarios de los vehículos creando un ambiente mejor señalizado a la hora de compartir las vías; lo que hace que

este proyecto sea de gran importancia ya que permite que un ciclista realiza su entrenamiento con normalidad y siendo visible al caer la noche.

Es así que gracias al avance de la tecnología, más el fácil acceso que se tiene a herramientas y componentes electrónicos, permitió el diseño de un sistema eficiente aplicable en áreas que antes no se utilizaban. En cuanto a costo se diseñó un prototipo económico debido a que se empleará hardware y software libre, el cual ayuda a desarrollar sistemas de bajo costo y con funciones sumamente necesarias cubriendo aspectos como son el monitoreo y ubicación, con el objetivo que el sistema llegue al mayor número de personas.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Implementar un sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar las situaciones de peligro a las cuales están expuestos los ciclistas.
- Diseñar un sistema electrónico para la obtención de variables fisiológicas como temperatura y nivel de oxigenación en la sangre, generando alertas de prevención y gestión de emergencias.
- Implementar un prototipo autónomo que monitoree continuamente señales fisiológicas para brindar seguridad y gestione alertas de emergencias para ciclistas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Al efectuar una investigación bibliográfica en repositorios digitales se logró encontrar proyectos afines al presente tema, con los cuales se pudo generar un soporte en el desarrollo del proyecto de investigación propuesto.

Rodolfo González, Luis Bedolla, Pedro Cortés y Juan Delgado desarrollaron en el 2001 en la ciudad de La Habana un “Prototipo portátil para monitorear las variables que influyen en el entrenamiento de ciclistas” las variables que este prototipo monitorea son: pulso cardíaco, velocidad, distancia, revoluciones por minuto, temperatura ambiental, altitud de terreno, tiempo y duración del entrenamiento, todas estas variables son obtenidas con circuitos de acondicionamiento para luego ser procesadas y analizadas de acuerdo a la aplicación que se está creando, seguido de esto serán desplegadas gráficamente en un LCD la información obtenida en el proceso de adquisición de datos es con el fin de respaldar la información en un espacio de memoria siendo posible llevar esta información a través de análisis estadísticos con el objetivo de mejorar las rutinas de entrenamiento, para el dispositivo diseñado se utilizo sensores no invasivos de tecnología TTL, todos los circuitos son sumamente compactos y de bajo consumo llegando a tener un dispositivo con un consumo de tan solo 200mA en corriente esto ayuda a que con una carga nos rinda todo el entrenamiento [6].

Andrés Dávila Miranda y Byron Torres Merino realizan en el año 2012 en la ciudad de Quito, el “Diseño e implementación de un chaleco inteligente, para seguridad vial mediante computación portátil” es un sistema que incorpora módulos electrónicos, este

chaleco cuenta con señales que pueden ser encendidas a conveniencia del usuario que porta el sistema la conexión se la hizo con hilo conductor las funciones de este proyecto son localización mediante Google maps usando GPS y una Aplicación de APK para el sistema operativo Android y a su vez la activación de luces a través del guante adicional incorporado netamente para la activación del sistema de iluminación el sistema utiliza tecnología inalámbrica y componentes electrónicos, siendo su procesador principal el Arduino Lily Pad, la activación de las funciones del prototipo son activadas a través de sensores de contacto los cuales son digitales entregando a la salida un dígito binario, como resultado de este proyecto se tiene un sistema que tiene varias funciones las mismas que serán activadas a través de pulsadores, esto dependerá del lugar y la hora que el ciclista tenga la necesidad de usar de las funciones tomando en cuenta que la localización estará activa todo el tiempo, sin tener que activarla a cada momento para que presente la posición [7].

Jovany Gil García presenta en el año 2015 en la ciudad de México D.F. un “Sistema de censado y percepción no invasiva del entorno, diseñado para ciclistas y motociclistas” este sistema es una prenda inteligente wearable, la misma que es fácil de portarla y a la vez cuenta con las siguientes características como son censar el entorno del ciclista o motociclista, el método usado para censar es no invasivo para evitar molestias al usuario, es un sistema autónomo ya que provee de energía suficiente para que funcione por un lapso considerable sin necesidad de recargarlo en dicho lapso, contando con una interfaz gráfica amigable la cual muestra la información recabada por los sensores, esta información a su vez será almacenada en una tarjeta SD, el sistema utiliza software libre para poder reducir costos haciendo que el sistema sea accesible para la mayor cantidad de personas, el procesador principal que se utilizó en este sistema es la tarjeta Intel Galileo su característica principal es su tamaño reducido para que el sistema sea compacto y fácil de portar [8].

Damián Real y Roberto Rivas estudiantes de la facultad de ciencias crean en el año 2015 en la ciudad de México un “Chaleco protector para ciclistas nocturnos”, la prenda de seguridad está diseñada con el concepto de trajes wearable lo que permite que el sistema electrónico este adaptado en una prenda de vestir brindando la posibilidad de que el dispositivo sea portable, la prenda para el deportista cuenta con la función de encender señalética luminosa, la cual está instalada en la parte trasera del chaleco, para

que los ciclistas sean más visibles a la hora de realizar sus entrenamientos en la noche o madrugada, su funcionamiento está atado al accionamiento con las extremidades del ciclista, es un sistema discreto ya que es sumamente pequeño ya que se lo alimenta con una batería de litio de 3.7 voltios recargable cuanta con una interfaz gráfica creada para realizar un seguimiento de la localización del ciclista vía Twitter [9].

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 El Ciclismo

El ciclismo es considerado un deporte en el que se utiliza una bicicleta para poder desarrollarse, al hacer uso de una bicicleta se considera un medio de transporte mismo que necesita ser impulsado por las extremidades inferiores es decir es de tracción humana, el ciclismo es utilizado para recorrer circuitos tanto al aire libre como en sitios destinados para entrenamientos bajo cubierta o velódromos, este deporte se subdivide dependiendo la pista en la que se practica, llegando a crearse nuevas categorías entre las más populares ciclismo de ruta y ciclismo de montaña de la cual se subdivide la categorías downhill y bicigrós, este deporte se trata de una actividad que engloba diferentes especialidades a la vez, siendo considerado un deporte que demanda el uso del cuerpo completo para desarrollarse [10].

a) Infraestructura para bicicletas en el Ecuador

En el país, la construcción de vías y senderos exclusivos para ciclistas o personas que practican este deporte por salud, es competencia del Gobierno Nacional y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales y Cantonales de acuerdo a sus jurisdicciones, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Transporte y Obras públicas ha iniciado el Plan Nacional de Ciclo vías que consiste en la construcción de rutas segregadas y de espaldón, para promover el derecho de las personas de movilizarse de forma segura en bicicleta. Lamentablemente muchos de estos proyectos han quedado inconclusos por falta de presupuesto dejando nuevamente la vida de los

ciclistas a manos de rutas no aptas para los mismos, en la Tabla. 1 se detalla la principales ciudades que cuentan con ciclovía en el país [10], [11], [12].

Tabla. 1. Ciclovías en el país

CIUDADES QUE CUENTAN CON CICLOVIAS EN EL PAIS					
Ciudad Provincia	Nombre	Estado	Distancia Año 2016	Observaciones	Distancia Actual ciclovía
Quito-Pichincha	Ciclopase o de Quito	Activa	27 Km	Presupuesto \$300000/ Año	12,7Km vías espaldón tipo dos
Cuenca-Azuay	Ruta Recreativa	Activa	7.5 Km	Presupuesto \$30000/ Año	26,3Km zona centro
Sto. Domingo- Sto. D. Tsàchilas	Ciclopase o Sto. Domingo	Activa	6 Km	Presupuesto \$10000/ Año	63,60Km señaladas para ciclistas
Ambato- Tungurahua	Ciclopase o Ambato	Activa	6 Km		45Km vías en espaldón tipo uno
Ibarra-Imbabura	Vía Activa de Ibarra	Inactiva	3 km	Se cerró por falta de presupuesto	25 Km vías en espaldón
Latacunga- Cotopaxi	Vía Activa de Latacunga	Inactiva	2 Km	Se cerró por falta de presupuesto	10,2 Km vías en espaldón
Pto. Ayora- Galápagos	Vía activa de Galápagos	Inactiva	3 Km	Se cerró por falta de presupuesto	39,70 Km

Elaborado por: Investigador

2.2.2 Ciclovía

a) Ciclovía Segregada

La Ciclovía Segregada es un carril exclusivo para bicicletas se encuentran en la parte céntrica de la ciudades, cuentan con un instrumento de seguridad que limita el carril de la bicicleta y el carril de automotor, sin embargo, pueden ser diseñadas dentro del trazado de la vía. Cuando es unidireccional, varía entre 1.20 y 1.50 metros y si es bidireccional, de 2.50 y 3m en la Fig. 1 se observa el espacio distribuido con sus respectivas medidas [10]



Fig. 1. Ciclovía Segregada [10]

b) Ciclovía en espaldón

La Ciclovía en Espaldón es muy frecuente en nuestro país por lo que se subdivide en dos tipos:

- Ciclovía compartida o espaldón tipo uno

Por lo general se las encuentra en sectores urbanos ya que ellas cuentan con un carril compartido previamente señalizado acondicionado para la circulación de vehículos y ciclistas con una distancia de 3m entre vehículo y ciclista como se observa en la Fig. 2 donde se observa la distribución de la calzada con su respectiva señalización [10], [12].



Fig. 2. Ciclovía tipo uno [10]

- **Ciclovía compartida o espaldón tipo dos**

Estas Ciclovía se la encuentra en sectores urbanos, señalizada sobre la calzada a un costado de la misma pero sin un delimitando por lo que es posible invadir el carril ya sea el de la bicicleta o el del automotor. En este tipo de ciclovía el ancho mínimo es de 1.30 y el máximo es de 2.50 como se observa en la Fig. 3 la distribución de la calzada con su respectiva señalización [10], [12].



Fig. 3. Ciclovía tipo dos [10]

c) Accidentes comunes en Ciclistas

Colisión por alcance Habitualmente, se debe a la falta de visibilidad en la indumentaria del ciclista y el exceso de velocidad por parte del conductor. El respeto a los límites de velocidad, especialmente, en las carreteras o en condiciones de

insuficiente luz, resulta crítico si se quiere reaccionar a tiempo frente a la presencia de un ciclista en la calzada como se observa en la Fig. 4 [13].



Fig. 4. Colisión por Alcance [13]

Impacto fronto-lateral en los cruces de calles El hecho de que el ciclista esté situado a la derecha se debe a que circula por un carril bici o bien que el ciclista ha optado por no ocupar el centro del carril normal un hábito bastante frecuente, para evitar retenciones, facilitando el paso de vehículos motorizados [13].

Impacto contra la puerta abierta de un vehículo aparcado Debido a que los ciclistas tienden a circular a la derecha del carril, es más difícil percatarse de su presencia desde el interior del habitáculo de un vehículo aparcado también a la derecha. El resultado es que el conductor abre la puerta para salir del vehículo y el ciclista colisiona contra esta [13].

Colisión lateral durante un adelantamiento Éste fenómeno ocurre tanto en la ciudad, como en la carretera. Se debe a que el conductor no ha respetado la distancia mínima de 1,5 metros establecida por la normativa para proceder a adelantar a una bicicleta. La única excepción es la establecida por los carriles bici en la calzada. Además, como conductor, debes tener en cuenta que, aunque tu vehículo nunca llegue a entrar en contacto con la bicicleta, las turbulencias generadas durante un adelantamiento se agravan con la velocidad y pueden llegar a desestabilizar a un ciclista [13].

d) Límites de velocidad para ciclistas dependiendo la vía de movilización

El ciclismo conlleva el uso de un instrumento móvil, el cual imprime velocidad en función de la fuerza física de una persona ayudando a que la misma se desplace por las distintas vías, lo que lleva a establecer límites seguros de velocidad los mismo que se presentan en la Tabla. 2

Tabla. 2. Velocidad en ciclistas [14]

LIMITES DE VELOCIDAD PARA CICLISTAS	
Vías de circulación de una Ciudad	Velocidad máxima en Km/h
Vía principal de conexión	V máxima ≤ 35
Vía colectoras	V máxima ≤ 25
Vía local	V máxima ≤ 20
Vía Residencial	V máxima ≤ 20

Elaborado por: Investigador

2.2.3 Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial

La ley orgánica de transporte terrestre consta de varios artículos que incurren entre deberes y derechos para los ciclistas en el Ecuador, están categorizadas como contravenciones leves de primera clase, contravenciones leves de tercera clase, en cuanto a los deberes y derechos de los ciclistas [14].

a) Deberes y Derechos de los Ciclistas

Los ciclistas tendrán los siguientes derechos

Como cualquier usuario de la via los ciclistas tienen derecho al uso de las vías públicas, si se habla de seguridad se exceptúa sitios en los que la infraestructura actual ponga en riesgo la integridad y seguridad ya sean túneles, pasos a desnivel sin carril, en los que se deberá adecuar espacios para hacerlo.

- Disponer de vías de circulación privilegiada dentro de las ciudades y en las carreteras, como ciclovías y espacios similares

- Disponer de espacios gratuitos y libres de obstáculos, con las adecuaciones correspondiente, para el parqueo de las bicicletas en los terminales terrestres, estaciones de trolebús, metro vía y similares
- Derecho preferente de vía o circulación en los desvíos de avenidas y carreteras, cruce de caminos, intersecciones no señalizadas y ciclovías
- A transportar sus bicicletas en los vehículos de transporte público cantonal e interprovincial, sin ningún costo adicional. Para facilitar este derecho, y sin perjuicio de su cumplimiento incondicional, los transportistas dotarán a sus unidades de estructuras porta bicicletas en sus partes anterior y superior
- Derecho a tener días de circulación preferente de las bicicletas en el área urbana, con determinación de recorridos, favoreciendo e impulsando el desarrollo de ciclo paseos ciudadanos [14].

2.2.4 Técnica del Ciclismo

En este deporte interviene un elemento fundamental como es la bicicleta, con el cual el ciclista debe familiarizarse, ya que es una prolongación de sus segmentos corporales, lo que conlleva el dominarla como si fuera una extensión de su cuerpo. La técnica implica el dominio completo de estructuras motoras eficientes y eficaces que permiten conseguir los más altos rendimientos deportivos sin considerar que se desarrolle en las condiciones más difíciles, la técnica es concebida como sinónimo del gesto deportivo, se convierte en la imagen o dirección a seguir para todo el proceso [11].

b) Seguridad y Señalización vial de Ciclistas

Hoy en día, la práctica del ciclismo ya no es considerada solo como un deporte o un pasatiempo, ya que ofrece la libertad de movilización de un lugar a otro, objetivo que los autos y los buses no pueden cumplir, existen grandes ventajas al usar una bicicleta como medio de transporte, ya que ayuda a mantener un estado físico óptimo, no se necesita pagar pasaje alguno y en el Ecuador cada vez aparecen más lugares para dejarlas seguras.

Sin embargo, existen varias recomendaciones que se deben tomar en cuenta en el transcurso de llegar a su destino por las vías o calles del país como son:

Conocer las leyes de tránsito

Utilizar prendas específicas para su mayor seguridad

Concentrar su atención en movilizarse de manera segura

Circular por las ciclo vías respectivamente señaladas [15]

c) Elementos Indispensables para la seguridad en el ciclismo

Los elementos indispensables para la seguridad, al momento de la práctica del ciclismo, ya sea como deporte o como medio de transporte son sumamente indispensables, pues aportan un factor importante para reducir lesiones al presentarse accidentes inesperados al hacer uso de la bicicleta, en la tabla que se presenta tenemos los principales elementos que brindan seguridad al ciclista en la tanto en indumentaria, herramientas, documentos y otros artículos que son de gran ayuda si se planea salir a una ruta, en la Tabla. 3 se cita los principales elementos de seguridad en los ciclistas [15]

Tabla. 3. Elementos de Seguridad para Ciclistas

UTILERÍA PARA CICLISTAS			
Indumentaria	Herramientas	Documentos	Otros
Casco	Bomba de aire	Cedula de identidad	Gel
Guantes	Tubo de repuesto	Carnet de seguro medico	Sustancias hidratantes
Gafas transparentes o con lente amarillo	Desengrasante	Carnet de tipo de sangre	Barras energéticas
Camel bag o termo	Engrase de rodamientos		Celular
Zapatillas o pedal con bozal	Llaves Allen		Dinero
Pantalones cortos con protector gel			
Jersey			

Elaborado por: Investigador

2.2.5 Afecciones Comunes en los Ciclistas

Las afecciones más comunes en los ciclistas están dentro de lo que se conoce como patologías propias de Medicina Interna, todo está relacionado con los sistemas que sufren un alto esfuerzo a la hora del entrenamiento como la saturación de oxígeno en la sangre y la temperatura corporal.

a) Bronco espasmo

Un bronco espasmo es una afección a la que están sujetos los ciclistas, misma que actúa cerrando los bronquios evitando el paso de aire hacia el interior de los pulmones, al tratarse del sistema respiratorio en ciclistas los pulmones son los perjudicados, desencadenando una serie de eventos, apuntando a posibles sofocaciones al momento de practicar este deporte, los deportistas que practican el ciclismo es prácticamente universal, independientemente de la frecuencia con que se la realice, el aire frío y seco entrando a los pulmones provoca cerrar los bronquios, consecuencia de esto se tiene agitación y jadeo al momento de respirar, motivo de la irritación en las vías respiratorias y el encogimiento de la cavidad torácica, acción que el cuerpo realiza voluntariamente debido a la falta de aire rico en oxígeno, por lo que el cuerpo reacciona en defensa al ingreso de agentes contaminantes como polvo esporas y humo [16].

En los ciclistas paradójicamente el agente contaminante viene a ser el mismo aire que respira siempre y cuando este contenga impurezas o su temperatura sea baja, sumada al esfuerzo al cual se somete el cuerpo por la necesidad de aire, como resultado de esto se tiene, que mientras más aire necesita menos le llega, produciendo en el deportista un bronco espasmo, mientras menos aire en el cuerpo menos oxígeno ingresando al sistema, por lo tanto los músculos no reciben oxígeno, acumulándose en ellos más ácido láctico que llevarían a desgarres principalmente en los músculos de las piernas, la falta de oxígeno provoca dolor de pecho y dificultad al respirar ya que el deportista siente presión en el pecho observar la Fig. 5 como consecuencia de ello tenemos desmayos por falta de oxigenación en la sangre [16].

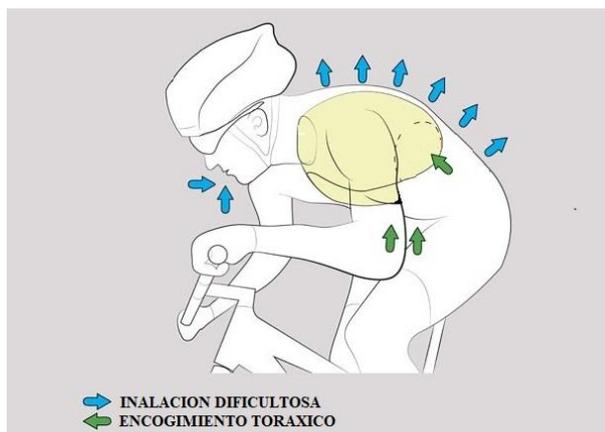


Fig. 5. Bronco espasmo, encogimiento de cavidad toxica [16].

b) Golpe de Calor

El golpe de calor es también conocido como síncope de calor se produce por exposición de una persona a altas temperaturas, condiciones ambientales extremas o por exceso de ejercicio, el golpe de calor se caracteriza por provocar la pérdida de conocimiento temporal, otros de los síntomas que experimenta un ser humano a estas condiciones son visión borrosa mareo y náuseas, un golpe de calor puede llegar a producirse en cualquier tipo de persona siendo más común en personas con enfermedades cardiovasculares, sin dejar de lado los deportistas aficionados debido a que no tienen preparación previa para realizar sus rutinas de ejercicios sin tomar en cuenta las medidas necesarias en este caso el factor acondicionamiento físico y la aclimatación es muy importante [17].

2.2.6 ¿Qué son los Signos Vitales?

Los signos vitales están considerados como las constantes vitales del ser humano o a su vez constantes del cuerpo, estas constantes pueden llegar a variar de persona a persona, dependiendo de las características del individuo, ya sea por su edad o condición física, tomando en cuenta que estas constantes se pueden obtener físicamente y representarlas eléctricamente, cumple con la función de ayudar a determinar varios síntomas del cuerpo humano, siendo posible llegar a monitorear con el fin de identificar posibles alteraciones al sobrepasar niveles específicos. Entre las constantes vitales más utilizadas tenemos: temperatura, frecuencia cardíaca,

frecuencia respiratoria, presión arterial, Saturación de oxígeno en la sangre y reflejo pupilar observar la Fig. 6 como ilustración de los signos vitales en seres humanos [18].



Fig. 6. Signos Vitales [18]

2.2.7 Métodos de Adquisición de Señales Fisiológicas

Es necesario mencionar los métodos de adquisición de las señales ya que en la presente investigación se obtendrá las señales fisiológicas de la temperatura, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno en la sangre, considerando que se busca transformar el valor de los signos vitales en una señal eléctrica para poder procesar esta información y hacer uso de la misma para ser monitoreada en tiempo real y gestionar activación de alertas de emergencia.

a) Temperatura

A la temperatura se la define como el punto medio que existe entre el calor producido y el calor perdido, la temperatura corporal está en los 37° al variar este valor se considera ya una afección producida por algún factor externo o a su vez la respuesta del cuerpo que quiere decir que algo no está bien internamente en la Tabla. 4 se observa los niveles de temperatura corporal [18].

Tabla. 4. Temperatura corporal en seres humanos [18]

TEMPERATURA CORPORAL	
Tipo de Fiebre	°C
Temperatura corporal normal	35.5 y 37.00
Febrícula	37.2 a 37.9
Fiebre Moderada	38 a 38.9
Fiebre Alta	39 a 40
Hipertermia	más de 40

Existen tres formas de medir la temperatura mediante un termómetro ya sea este análogo o digital:

- Oral
- Rectal
- Axilar

Termómetros se encuentra comercialmente dos tipos el analógico que funciona de acuerdo a la dilatación de materiales sensibles al calor y el digital que funciona con parámetros establecidos por el fabricante y ayuda a tener un valor mucho más exacto. **Dispositivos de medición electrónica** es posible encontrar distintas clases y tipos de sensores dedicados a la medición de temperatura en el campo de la medicina como pueden ser termistores, circuitos termo-sensibles teniendo como resultado un valor de voltaje en la salida, la corriente y frecuencia dependerá del uso que se requiera dar al sensor elegido [19].

b) Saturación de Oxígeno (Oximetría)

La saturación de oxígeno en el campo de la medicina es un término médico que sirve determinar la cantidad de oxígeno en porcentaje que circula por el torrente sanguíneo de un ser humano, fenómeno que tiene lugar al instante de inhalar introduciendo aire a la cavidad pulmonar, donde las moléculas de oxígeno al unirse con las células rojas

de la sangre ayudan a oxigenar todo el cuerpo siendo esta la principal función del aparato respiratorio ya que es de vital importancia oxigenar la totalidad del cuerpo, ya que sin este fenómeno cada órgano no podría cumplir con su función adecuada llegando a producir lo que se conoce como hipoxia

Los valores normales de SaO₂ están sujetas a oscilación con un rango de variación presentado en la Tabla. 5 [20].

Tabla. 5. Niveles de Oxigenación en la sangre [20]

Saturación de Oxígeno en la sangre		
SaO₂	Variación 2%	Diagnostico
En ejercicio	95% y 97%	Normal
En reposo	<95%	Situaciones Patológicas
Ambos casos	92% y 90%	I. Respiratoria Crónica

Pulsioxímetro es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de medir la saturación de oxígeno en la sangre (SpO₂) como también el pulso cardíaco ya que cuenta con dos leds el uno es un infrarrojo y el otro un fotodetector trabajan a longitudes de onda de 660nm y 940nm respectivamente, los dos leds están distribuidos en una pinza que se coloca en el dedo índice para que puedan trabajar y después de segundos poder recibir el dato generado como un solo valor que representa la saturación de oxígeno en la sangre [20].

c) **Frecuencia Cardíaca**

La frecuencia cardíaca, se la conoce por la cantidad de pulsaciones por minuto que genera el corazón, generalmente se usa el termino pulso, es un fenómeno físico del cuerpo, por cuanto es posible llegar a medirlo y a través del cual las personas llegan a determinar ciertos cambios del comportamiento del cuerpo humano, el pulso tiene la capacidad de disminuir o aumentar esto dependerá, ya sea de la edad, temperatura, género y actividad física, es decir este sufrirá un cambio muy notorio cuando las personas realizan actividad física o se encuentran en reposo absoluto

En la Tabla. 6 se muestran los valores de frecuencia cardíaca en reposo [20].

Tabla. 6. Niveles de frecuencia cardíaca en seres humanos [20]

Frecuencia cardiaca		
	Años	PPM
Niños	7 a 10	70 a 110
Adultos	10 en adelante	60 a 100
Mayores	----	55 a 90
Deportistas	----	40 a 60

Método convencional se lo conoce también como pulso periférico ya que la medición se la hace lejos del corazón, por lo que la medición es débil, pero es uno de los más utilizados en centros de salud y consiste en colocar los dedos índice y medio juntos sobre la parte interior de la muñeca a un centímetro de la articulación, para este método de medición de pulso es necesario el uso de un reloj para contar cuantos latidos por minuto entrega el corazón del paciente [21].

Cardiofrecuencímetro es un instrumento electrónico que ya utiliza dispositivos y elementos que están sujeto a la activación por una batería, para realizar la medición la cual es presentada por medio de una interfaz en un reloj digital, consiste en colocar un cinturón en la parte torácica del paciente este sistema cuenta con electrodos encargados de censar la frecuencia cardíaca en tiempo real [21].

2.2.8 Sistemas de Monitorización y Control

Los sistemas de monitorización y control van de la mano ya que trabajan en conjunto, teniendo la capacidad de obtener información del entorno, donde los mismos se están desarrollando, para su posterior análisis, la forma en que estos sistemas obtienen la información de su entorno es justamente con una red de sensores, por ello se los puede clasificar en dos tipos de sistemas.

En la Fig. 7 se observa el ejemplo de un esquema de un sistema de monitoreo de unidades de sensorización remotas. Los terminales de sensorización toman las variables físicas de su entorno de trabajo, las procesan y por medio de un sistema de comunicaciones envían la información hacia la red global. Las unidades de monitoreo son instaladas en cualquier punto con acceso a la red de difusión de datos de las terminales, y desde cualquier punto pueden supervisar el estado de los sensores, y en casos de sistemas de control, activar funciones de equipos remotos [22].

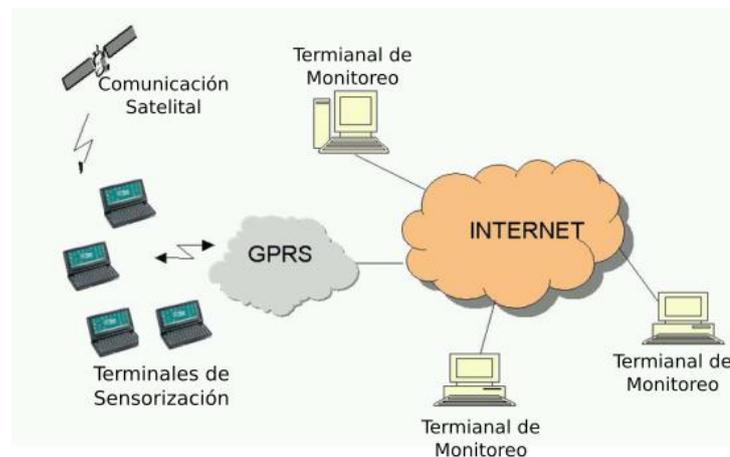


Fig. 7. Elementos de un Sistema de Monitorización [22].

a) **Sistemas de Monitorización**

Estos sistemas ayudan a llevar un seguimiento continuo de los valores recopilados por los sensores que forman la red, esto lleva al uso de una interfaz amigable, para que la información pueda ser visualizada, independientemente del dispositivo donde este alojado esta interfaz, esta información puede ser utilizada para presentarla con un análisis grafico o estadístico ya dependerá del uso que se pretenda dar a la información recolectada se los caracteriza por ser sistemas pasivos ya que el manejo de la información y el control de la misma, depende del personal competente [22]

b) **Sistemas de Control**

Los sistemas de control a su vez conocidos como sistemas reactivos, ya que el análisis y posterior control de la información se realiza de forma automática, ayuda a que la información antes receptada sea puesta en función para que realicen una acción establecida dependiendo el uso que se deba dar a la misma [22]

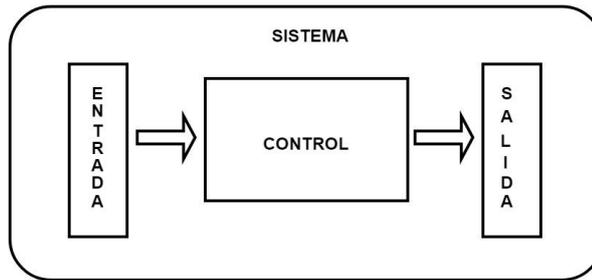


Fig. 8. Diagrama de Bloques Sistema de Control
Elaborado por: Investigador

2.2.9 Procesamiento Digital de Señales

El procesamiento digital de señales es la capacidad de convertir las señales analógica como el sonido el video o información procedente de sensores, en formato digital, gracias a técnicas digitales para mejorar y modificar los datos de señales analógicas para las distintas aplicaciones en el campo de la ingeniería [23]

a) Equipos de medición estándar para señales fisiológica

Los equipos de medición estándar son los dispositivos que habitualmente se comercializan en el mercado, calibrados de forma adecuada para su empleo en el ámbito médico o instituciones dedicadas al control de salud de las personas.

Entre los equipos de medición estándar están los dispositivos analógicos y digitales los cuales permiten obtener los signos vitales de los seres humanos. Los dispositivos analógicos funcionan bajo la dilatación de líquidos encapsulados, o a su vez bajo la interpretación de resultados de la persona que manipula el equipo de medición, en cuanto a equipos digitales, se muestran directamente los resultados a través de pantallas, presentando mediciones mucho más exactas y evitando errores de apreciación [24].

b) Módulos de Adquisición de señales

Los módulos de adquisición de señales son aquellos dispositivos dedicados a la medición de características del entorno de interés, estos dispositivos generan una respuesta normalmente eléctrica, que debe ser interpretada, analizada y procesada por un microcontrolador o microprocesador para los fines pertinentes del usuario [24].

Sensores

Los sensores están definidos según la ISA Sociedad de Instrumentación de América por sus siglas en inglés que es un dispositivo que provee una salida utilizable, en respuesta a una medición específica, donde esta salida es definida como una cantidad sujeta a una medición eléctrica, ésta definición puede ser generalizada como cantidad eléctrica a cualquier tipo de señal, de respuesta a una medición de la naturaleza [24]

Clasificación

Debido a la gran cantidad de sensores que existen, se hace necesario clasificarlos para así poder entender mejor su naturaleza y funcionamiento.

Por su funcionamiento

- **Activos:** requieren de una fuente externa de energía de la que recibe alimentación de corriente para su funcionamiento.
- **Pasivos:** no requieren de una fuente externa de energía, si no que las propias condiciones medioambientales son suficientes para que funcionen según su cometido.

Por las señales que proporcionan

- **Analógicos:** proporcionan la información mediante una señal analógica, esta puede ser tensión o corriente, es decir, que pueden tomar un infinito valor entre un mínimo y un máximo.
- **Digitales:** proporcionan la información mediante una señal digital que puede ser un “0” o un “1” lógicos, o bien un código de bits dependiendo la configuración del sensor.

Características

Para poder elegir un sensor es necesario analizar la situación en la que se utilizara, con este se garantiza tener un rendimiento óptimo a la hora de entrar en funcionamiento para ello es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos.

- **Resolución:** es la mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

- **Sensibilidad:** es la relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Error:** es el desvío de la medida proporcionada por el sensor respecto de la real se suele expresar en %.
- **Precisión:** es el error de medida máximo esperado.
- **Repetitividad:** es el error esperado al repetir varias veces la misma medida [25]

2.2.10 Sistemas de Comunicaciones

Un sistema de comunicaciones es un conjunto de elementos que tienen como objetivo principal enviar información de un lugar a otro, este sistema presenta dos elementos principales como son el transmisor TX y el receptor RX, los cuales hacen uso de los medios de transmisión que pueden ser guiados o no guiados. En la Fig. 9 se ilustra un sistema estándar de comunicaciones.

Los medios alámbricos o guiados son aquellos que emplean cables para la transmisión de datos entre dispositivos a diferencia de los medios inalámbricos o no guiados son aquellos que no emplean cables, en su defecto, permiten la comunicación a través de ondas de radiofrecuencia, las cuales cuentan con bandas de frecuencias específicas, lo que determina si son libres o sujetas a restricción para enlaces entre dispositivos, motivo por el cual, hoy en día este tipo de comunicaciones ha crecido significativamente [26], [27].

Cada uno de los medios de comunicación se emplean procesos específicos para el envío de información desde el origen al destino en la Fig. 9 se detalla los distintos bloques para la transmisión de información.

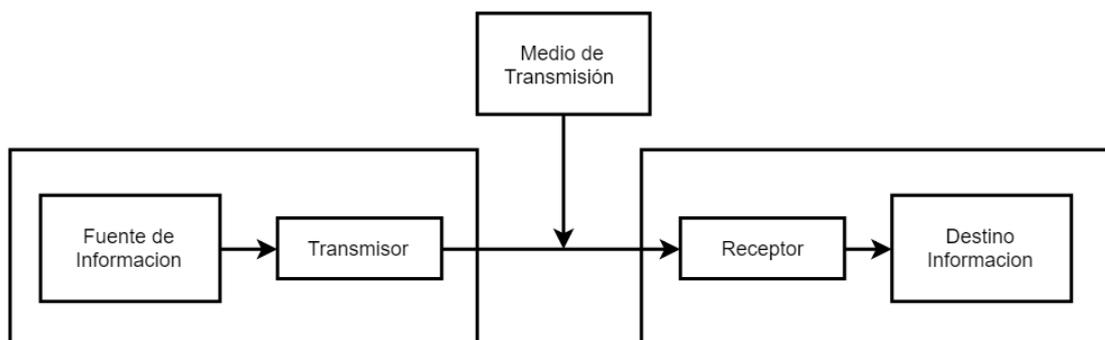


Fig. 9. Elementos de un sistema de comunicación
Elaborado por: Investigador

a) **Tecnología WiFi**

La tecnología WiFi forma parte de las comunicaciones inalámbricas sirve para interconectar varios equipos sin la necesidad de estar conectados a través de cables, trabaja bajo el estándar IEEE 802.11b el cual normaliza las condiciones de operación ya sea velocidad o capacidad de canal asegurando la interoperabilidad entre equipos. A partir del estándar IEEE 802.11b se desarrollaron derivaciones:

- **IEEE 802.11a:** Desarrollado en 1999, velocidad 54Mbps banda de 5GHz
- **IEEE 802.11b** Desarrollado en 1999, velocidad 11Mbps banda de 2.4GHz
- **IEEE 802.11g** Desarrollado en 2003, velocidad 54Mbps versión propietaria 100Mbps, banda de 2.4GHz
- **IEEE 802.11n** Desarrollado en 2009, velocidad 300Mbps se puede incorporar varias antenas para trabajar con distintas bandas de frecuencia banda de 2.4GHz
- Wifi modo Ap la tecnología wifi es una conexión inalámbrica basada en el estándar 802.11 el cual permite la configuración de los dispositivos wifi como Ap se dice que cuando un dispositivo está configurado de esta manera se conoce como Modo Ap o infraestructura, en este modo brinda la capacidad configurar parámetros adicionales como son el SSID y el tipo de seguridad [28], [29], [30].

b) **Tecnología GPRS**

GPRS es un protocolo de nivel tres, se lo conoce como Paquete General de Radio Servicio por sus siglas en inglés, viene a ser una modificación de la forma de transmitir los datos en una red GSM, este protocolo es transparente para las redes comprendidas entre el terminal móvil, sirve para el intercambio de información de control como para paquetes PDP Protocolo de Paquete de Datos y PDU Unidad de Datos de Protocolo [31]

Envío y Recepción de Información

El envío y recepción de la información, a través de este protocolo, evita tener circuitos de conmutación para establecer una conexión siempre abierta como sucedía con GSM, en este protocolo la información se comprime para ser empaquetada y poder enviarla a intervalos regulares, lo que se conoce como conmutación por paquetes, lo que

posibilita que el canal seleccionada para la transmisión de información no se encuentre ocupado todo el tiempo que dura la conexión lo que permite aprovechar de mejor manera la banda de frecuencia, tomando en cuenta que al utilizar GPRS el gasto es menor ya que el cobro que realiza el operador de telefonía móvil solo lo hace por la información que se transmitió mas no por el tiempo de conexión[32].

El formato de una trama GPRS es el siguiente:

- Identificador del protocolo GPRS sirve para distinguir ráfagas de datos que contienen información numérica para ser detectada
- Identificador del protocolo de los PDU es necesario para redirigir las tramas GPRS
- Mensaje GPRS estos pueden contener información de control o bien datos [33]

c) **Ethernet**

La IEEE define ethernet como el protocolo de comunicación 802.3 es el tipo de red más común de área local, en un principio su velocidad era de 10Mbps evolucionando a fast ethernet con velocidad de 100Mbps hoy en día se conoce Gigabit ethernet que alcanza una velocidad 1000Mbps para este tipo de conexión se considera también el tipo de cable ethernet ya que tienen mucha importancia para su rendimiento este tipo de red es utilizado por su estabilidad en áreas locales [34].

2.2.11 Sistema de Posicionamiento Global GPS

El sistemas de posicionamiento global GPS ofrece a los usuarios la capacidad de identificar y rastrear la ubicación física de los dispositivos, este sistema cuenta con 24 satélites que orbitan la tierra y envía señales de radio a la superficie para la gestión ya sea de emergencia o el seguimiento de la ubicación de una persona o dispositivo que cuente con un rastreador GPS tomando en cuenta que este proceso dependerá de la tecnología que se requiera utilizar, con el fin de obtener una ubicación aproximada, mediante la triangulación a través de múltiples puntos de acceso [35].

La finalidad de los sistemas de posicionamiento global GPS es entregar las coordenadas en referencia a un plano de ubicación geográfica, generalmente latitud y longitud. La determinación de la ubicación se realiza utilizando sistemas de comunicaciones terrestres como redes GSM, GPRS y WiFi, representado en la Fig. 10 El Sistema de Posicionamiento Global utiliza una sincronización entre estaciones

terrestres, satélites, estaciones base y estaciones móviles para calcular la ubicación de una estación móvil [35].

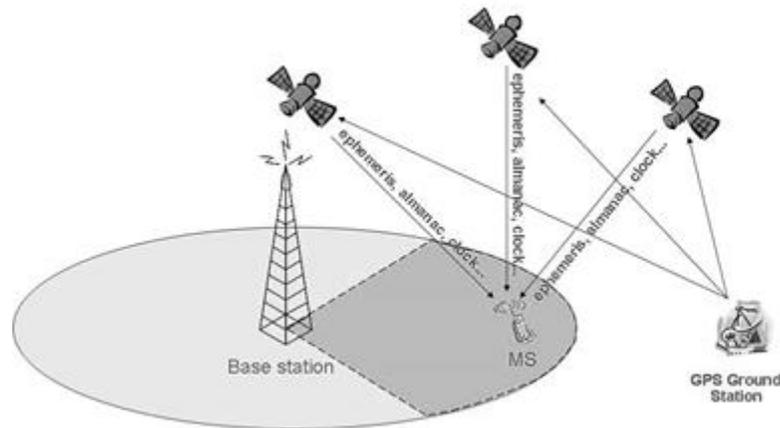


Fig. 10. Esquema de un sistema de Localización [35]

a) Sensores de posicionamiento

Los sensores de posicionamiento son aquellos utilizados para el estudio y análisis del movimiento se los denomina sensores inerciales IMU por sus siglas en inglés, unidad de medida inercial y su funcionamiento se basa en la medición de las variables de aceleración y velocidad angular mismas que se obtienen mediante acelerómetros y giroscopios [36].

Giroscopio

Un giroscopio es un dispositivo que en sus inicios solo era utilizado en aplicaciones militares, antiguamente sus dimensiones eran desproporcionales por lo que era imposible darle nuevas aplicaciones, el avance de la tecnología ha permitido que el giroscopio evolucione notablemente llegando a tener hoy en día dimensiones sumamente pequeñas lo que ayuda en el diseño de dispositivos portables, donde el principio de funcionamiento no ha cambiado permitiendo medir como varía un ángulo en el tiempo mientras está rotando, lo que se conoce como velocidad angular [36].

Acelerómetro

Es un dispositivo electrónico que se encarga de medir el desplazamiento de un cuerpo es decir mide la aceleración de un cuerpo tomando como referencia de punto cero el

sensor mismo, pueden medir la aceleración tanto en uno como en varios ejes son utilizados para determinar la posición de un cuerpo u objeto [36].

2.2.12 Base de Datos

Un Base de datos es una entidad que tiene como objetivo almacenar información de manera estructurada la cual será organizada de acuerdo a la necesidad del usuario. Una base hace referencia a datos guardados los cuales se pudieron obtener del mundo real, por lo que es necesario ser almacenados para uso del usuario o programas con un propósito específico, estos datos pueden ser números de teléfono direcciones nombre o datos de la adquisición a través de sensores, pudiendo ser actualizados, insertados o borrados [37].

a) Servidor

Un servidor es un elemento fundamental de una red, que conforman equipos informáticos por lo que se considera un equipo dedicado a proveer servicios a otros miembros de la red que trabajan como clientes. Los servidores tienen diferentes funciones dependiendo la aplicación que desempeñan, un servidor dedicado es aquel que destina todos sus recursos a atender solicitudes de los equipos cliente. Sin embargo un servidor compartido es aquel que no dedica todos sus recursos a servir las peticiones de los clientes, sino que también es utilizado por un usuario para trabajar de forma local [38]

b) Servidor LAMP

Un servidor Lamp toma su nombre gracias a los diferentes componentes de los cuales depende ya que está compuesto por Linux, Apache, MySQL y PHP, los cuatro componentes cumplen un rol importante y a la vez dependiente, ya que forman la infraestructura del servidor LAMP, el funcionamiento de este servidor es muy simple ya que cuenta con Linux como sistema operativo para que pueda ejecutarse el servidor web apache, el mismo que no puede interpretar contenido que está sujeto a cambios, es decir contenido dinámico, es por eso donde entra a usarse PHP el cual usa sus funciones de programación junto con el servidor, dicho de otra forma Apache envía código fuente a PHP el cual se encarga de realizar la interpretación de este código,

incluyendo las acciones del usuario de la web, permitiendo el acceso a la base de datos MySQL, para finalizar este proceso la información es devuelta a Apache y así este pueda mostrar en el navegador web del visitante la información [39].

c) MySQL

MySQL posee la capacidad de editar información haciendo uso de comandos los cuales permiten crear o a su vez manipular bases de datos para poder obtener los resultados en forma de tablas todo esto gracias a que MySQL es un intérprete de SQL es decir ejecuta ordenes ya que es un lenguaje de programación [40].

d) MariaDB

MariaDB es un servidor de base de datos el cual fue creado con fines específicos y fue desarrollado por los que creadores de MySQL bajo los términos de open source, la función que desempeña MariaDB es convertir los datos en información estructurada y lograr vincular fácilmente esta información con sitios web para ser utilizada con otros fines [40].

e) PhpMyAdmin

PhpMyAdmin es una herramienta que sirva para administrar bases de datos de MySQL ya que cuenta con una interfaz gráfica, a través de la misma es posible crear, eliminar, modificar así como gestionar tablas, esta herramienta se creó gracias al lenguaje de programación PHP por lo que se la considera una herramienta de software libre [40]

2.2.13 Herramientas para el Procesamiento de Señales

Las herramientas para el procesamiento de señales son medios físicos o lógicos que permiten interactuar con las mismas con el fin de obtener la información deseada.

a) Hardware

El hardware es la parte palpable del sistema concretamente haciendo referencia a módulos que permiten leer, procesar y manipular las señales obtenidas del sistema de adquisición mediante sensores, además de comunicarse entre sí, a través, de distintos

medios de comunicación y protocolos. A continuación se describe el elemento más comúnmente empleado para realizar las funciones mencionadas.

Microcontrolador

Un Microcontrolador es un dispositivo considerado parte de hardware al ser un elemento electrónico el mismo posee memoria encargada de almacenar algoritmos, un procesador encargado de ejecutar programas y periféricos de entrada/salida. Una de las ventajas de usar un microcontrolador es el aumento de confiabilidad ya que se usa menos componentes para el ensamblaje, flexibilidad y adaptabilidad [40].

b) Software

Software es un medio lógico que permite dar instrucciones al hardware mediante distintos lenguajes de programación empleados en la comunicación, procesamiento y almacenamiento de la información.

Lenguaje c

El lenguaje C es un lenguaje de programación, se lo considera de propósito general gracias al control de flujo, estructura de datos y conjunto de operadores. Este lenguaje no tiene área especial de aplicación por la ausencia de restricciones y su generalidad lo hacen más conveniente y eficiente para muchas tareas que otros lenguajes más poderosos [41].

PHP

PHP es un lenguaje de programación de dominio específico su propósito principal es implementar soluciones web por lo que es utilizado para la creación de aplicaciones que se ejecutan del lado del servidor, generando contenido dinámico en la World Wide Web, se trata de un lenguaje modularizado siendo ideal para la instalación y el uso en servidores web, como ventajas se menciona su velocidad, robustez, lenguaje estructurado, orientado a objetos, portabilidad y que trabaja bajo open source [42].

HTML

HTML es un lenguaje que permite crear páginas web su característica es que descripción de hipertexto está compuesto por comandos, marcas o etiquetas denominados Tags que permiten la estructura lógica estableciendo atributos del mismo contenido multimedia e hipervínculos [43].

JSON

Json es un formato de datos basados en texto por lo que se lo considera un formato ligero, utiliza las conversiones similares a las del lenguaje C++, haciéndolo una herramienta fácil de acoplar a cualquier lenguaje de programación tales como Python, JavaScript, PHP, Csharp es decir el formato del Json siempre será el mismo sin importar el lenguaje, esta herramienta es utilizada para el intercambio de datos por su simplicidad ya que es fácil de leer y escribir por un programador y fácil de generar e interpretar para las maquinas gracias a que describe los datos con una sintaxis dedicada que se utiliza para identificar y gestionar dichos datos, Json nace como una alternativa a lenguaje XML [44]

2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Mediante la implementación del sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, permitió crear un prototipo de bajo costo, ayudando a la fácil visualización del ciclista, anuncio de giros y presuntas paradas, el sistema monitorea variables fisiológicas como son la temperatura, frecuencia cardíaca y el nivel de oxígeno en la sangre, generando alertas de emergencia, enviadas a un dispositivo inteligente de un familiar y a un terminal receptor, si los valores observados se encuentran fuera del rango establecido o a su vez si el usuario sufrió un accidente imprevisto.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó bajo los conceptos de investigación aplicada, utilizando los conocimientos adquiridos para la solución de un problema, mediante los siguientes tipos de investigación:

- Investigación aplicada ya que se utilizó información y conocimientos ya existentes en el medio de la ingeniería con el fin de resolver la problemática de seguridad en los ciclistas
- Investigación bibliográfica, debido a que la recopilación de información en repositorios públicos y privados permitió fundamentar científicamente sobre el tema de estudio propuesto.
- Investigación de Campo, por la naturaleza del proyecto esta permitió la generación de datos confiables para el desarrollo óptimo y sostenible del sistema.
- Investigación Experimental, ya que el prototipo fue sometido a pruebas controladas para el análisis de los datos y de esta manera dar solución al problema de la inseguridad vial de los ciclistas.

3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información se recolecto de fuentes bibliográficas obtenidas en libros, tesis, publicaciones, artículos, revistas de investigación previamente halladas en el Internet y de bibliotecas afines a la documentación teórica requerida, de la Universidad Técnica de Ambato.

3.3 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Utilizando la bibliografía de libros de electrónica, basados en el estudio de variables físicas cuantificables se procederá al estudio y análisis, buscando los mejores lugares para acceder a las mismas para el análisis de los aspectos de funcionamiento que presenta el cuerpo, para la obtención y presentación de las señales se utilizará módulos electrónicos que permitan realizar cambios en el software, de esta manera se garantizará la precisión de datos al momento de ser procesados y presentados.

El procesamiento y análisis de datos se realizará mediante la clasificación de la información obtenida, presentando una descripción ordenada de los entornos a estudiarse en el proyecto. Se realizará un análisis crítico de los datos obtenidos durante la recolección de información, considerando los siguientes lineamientos:

- Revisión de la información obtenida
- Análisis de la información para obtener conceptos importantes sobre el proyecto.
- Eliminar información de baja relevancia
- Obtener parámetros técnicos, que determinen las características del sistema a ser diseñado.
- Interpretación de resultados con el apoyo de fundamentos teóricos para cada aspecto del desarrollo del sistema.
- Interpretar la información que permite plantear estrategias de solución al presente problema

3.4 DESARROLLO DEL PROYECTO

Las actividades que se desarrollarán para el diseño e implementación del sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, se llevarán a cabo mediante la siguiente organización de actividades:

- Adquisición de información estadística de accidentes de ciclistas

- Determinación de las situaciones de mayor peligro a las que están expuestos los ciclistas
- Identificar las variables físicas que proporcionen información de las condiciones físicas de los ciclistas
- Investigar etapas de acondicionamiento y adquisición de datos
- Identificar los sensores que permiten adquirir las señales de las variables físicas de los ciclistas
- Determinar la ubicación ideal para la disposición de elementos activos de señalización
- Determinar la tecnología adecuada para la activación de la señalización
- Determinar la tecnología adecuada para la generación de alertas de emergencias
- Investigar las tecnologías de comunicación inalámbricas
- Elaboración del circuito de adquisición y transmisión de datos, considerando tecnología wearable para el ciclista
- Elaborar en un software libre de control para la adquisición y transmisión de datos para el ciclista
- Diseñar un sistema que permita determinar la ubicación de los ciclistas, para la adecuada gestión de emergencias
- Integrar las unidades de monitoreo de los ciclistas al sistema de alertas
- Evaluación del prototipo y corrección de errores
- Elaboración del informe final

Luego de haber establecido las actividades principales para el desarrollo de la investigación, a modo de resumen, se presenta un diagrama de flujo en la Fig. 11 para una mejor segmentación que permitió delimitar las actividades realizadas durante el proceso de investigación, previo a la implementación del prototipo planteado como proyecto, ayudando a realizar correcciones en cada uno de los procesos y actividades para el mejoramiento de resultados obtenidos

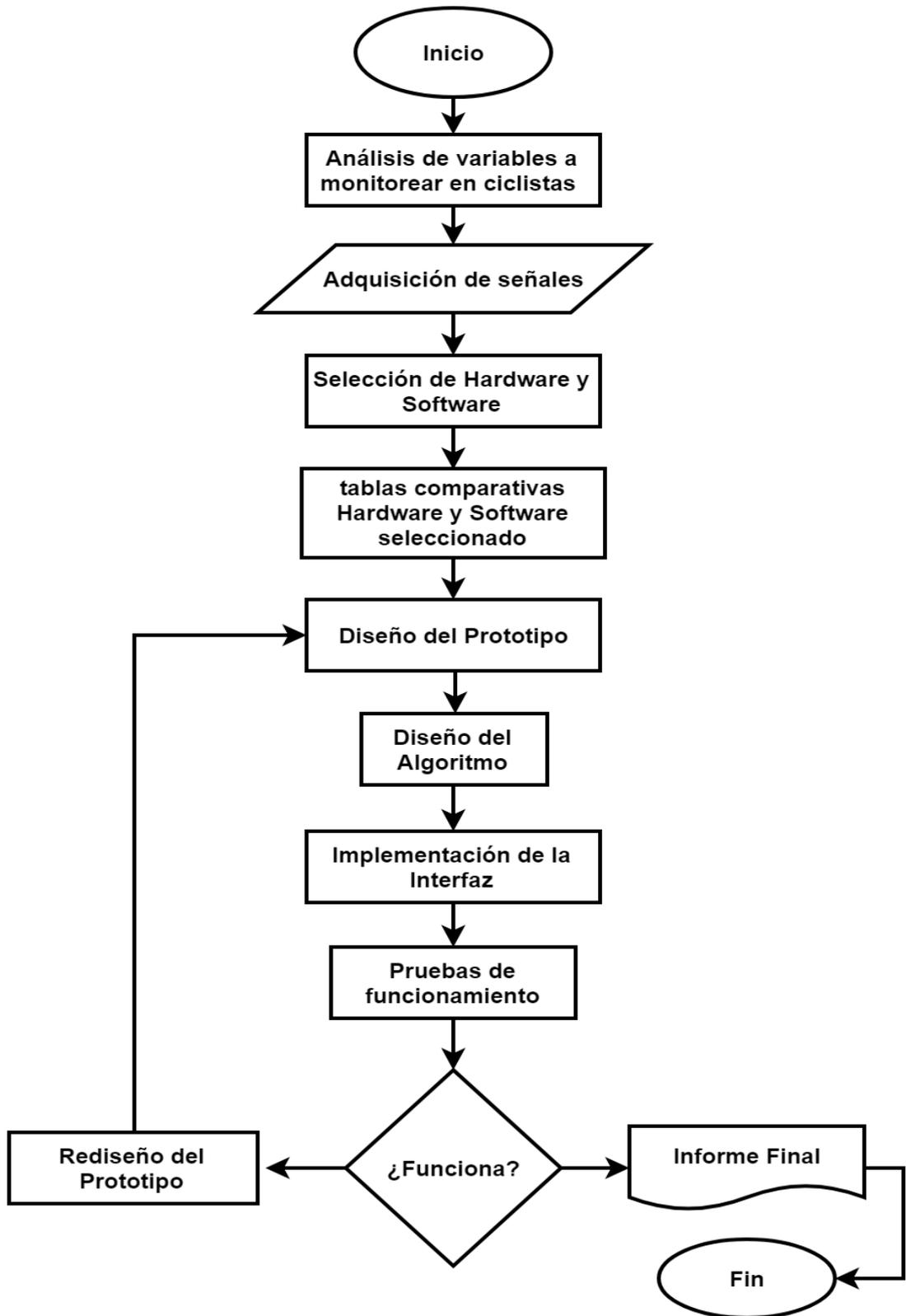


Fig. 11. Diagrama de flujo de actividades del proyecto
Elaborado por: Investigador

CAPITULO IV

PROPUESTA

El uso viralizado de la bicicleta como transportarse o deporte para mejorar el estado físico y de salud, ha hecho que se incremente el riesgo de accidentes, ya que los ciclistas no son visibles en las vías, obligando a los deportistas a usar vías no aptas para la circulación de ciclistas. El auge del ciclismo presenta la realidad de las grandes y pequeñas ciudades en el país, ya que tienen falencias en el diseño y construcción de ciclovías al mismo tiempo por falta de conocimientos del estado físico del deportista este no tiene conciencia de sus límites físicos, llegando a extremos cuando alcanzan temperaturas elevadas y a la vez al someterse a un exceso de ejercicio su frecuencia respiración se eleva, al practicar este deporte se incrementa el riesgo de colapsos inesperados por shocks de calor o falta de buena oxigenación en la sangre, consecuencia de esta sucesión de eventos se genera el ambiente propicio para un accidente.

En el país no existe ningún dispositivo electrónico portable para el cuerpo que ayude hacer más visible a los ciclistas, permitiendo advertir de cambios de giros con señales luminosas y a la vez monitorear las variables fisiológicas del usuario, por lo que se propone un sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencia para seguridad vial de ciclistas amateur mediante un prototipo electrónico que cumpla con los requerimientos de funcionalidad, además de brindar comodidad al deportista, confiabilidad en la obtención de datos y generación de alertas.

4.1 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El desarrollo del proyecto tuvo una factibilidad técnica, económica y bibliográfica de la forma detallada a continuación:

4.1.1 Factibilidad Técnica

La realización del presente proyecto tiene factibilidad técnica dado que los equipos y elementos electrónicos necesarios para el desarrollo del prototipo del sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur se encuentran en el país o son de fácil importación a la vez que el software implementado se desarrolla bajo entornos de licencias libres.

4.1.2 Factibilidad Económica

El presente proyecto es económicamente factible debido a que el financiamiento de la investigación es solventada enteramente con los recursos económicos del investigador.

4.1.3 Factibilidad Bibliográfica

La presente investigación tiene factibilidad bibliográfica debido a que la información requerida se encuentra en libros, documentos científicos, tesis, revistas, y documentos web facilitando de información para el desarrollo de la investigación.

4.2 Requerimientos Técnicos

La indumentaria que hoy los deportistas utilizan es de colores llamativos, para hacerlos más visibles, quedando obsoletos al llegar la noche para ello se incorporaron bandas reflectantes las cuales funcionan al llegar la luz a ellas en un ángulo específico para que estas cumplan su función quedando a su vez obsoletas cuando se transita en el día. En base a los inconvenientes encontrados al realizar el análisis de la situación actual de los ciclistas, el Sistema autónomo de monitoreo de señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, incluye las siguientes características de diseño con las que se procede a la implementación del prototipo.

Para un mejor entendimiento se realizó un diagrama de procesos del Sistema completo, en la Fig. 12 donde se establece las tres estaciones principales y los requerimientos necesarios para cada una de ellas.

Jersey

- El Sistema de Iluminación es la encargado de indicar cambios de dirección activadas según requiera el ciclista, estas señales deberán ocupar al menos el 70% del espaldar
- El Sistema de Adquisición de señales es el encargado de obtener las variables fisiológicas del ciclistas, el monitoreo se realiza en tiempo real y cuenta con tres sensores.
- Sensor de Temperatura es el encargado de obtener la temperatura corporal del ciclista en tiempo real.
- Sensor de Pulsioximetría es el encargado de medir el nivel de oxígeno en la sangre y determinar la frecuencia cardíaca, el monitoreo de estas dos variables es en tiempo real.
- Giroscopio este dispositivo está encargado de la activación de las señales luminosas cuando se realicen cambios de dirección o paradas inesperadas.
- El Microcontrolador es el encargado del procesamiento de los datos generados por los sensores, esta información será procesada y transmitida inalámbricamente para la generación de alertas.

Estación de Bicicleta

- La Pantalla es la encargada de la interacción entre humano maquina por medio una interfaz amigable la que permite visualizar los datos establecidos por el programador
- Sensor medidor de pulsos es el encargado de medir la velocidad de la bicicleta para activar la alerta de stop.
- Microcontrolador es el encargado de procesar los datos para el envío del mismo hacia el terminal receptor.

- El Sistema de Alertas cuenta con un módulo de comunicación el que está encargado generar las alertas generadas luego del procesamiento de los datos recibidos de los respectivos sensores.

Terminal Receptor

- Micro Computador es el encargado de alojar el servidor para guardar la información de las variables fisiológicas de los ciclistas
- Módulo de comunicación es el encargado de recibir la información enviada por el sistema de monitoreo para ser almacenada en el servidor
- Microcontrolador es el encargado de procesar los datos recibidos por el módulo de comunicación.

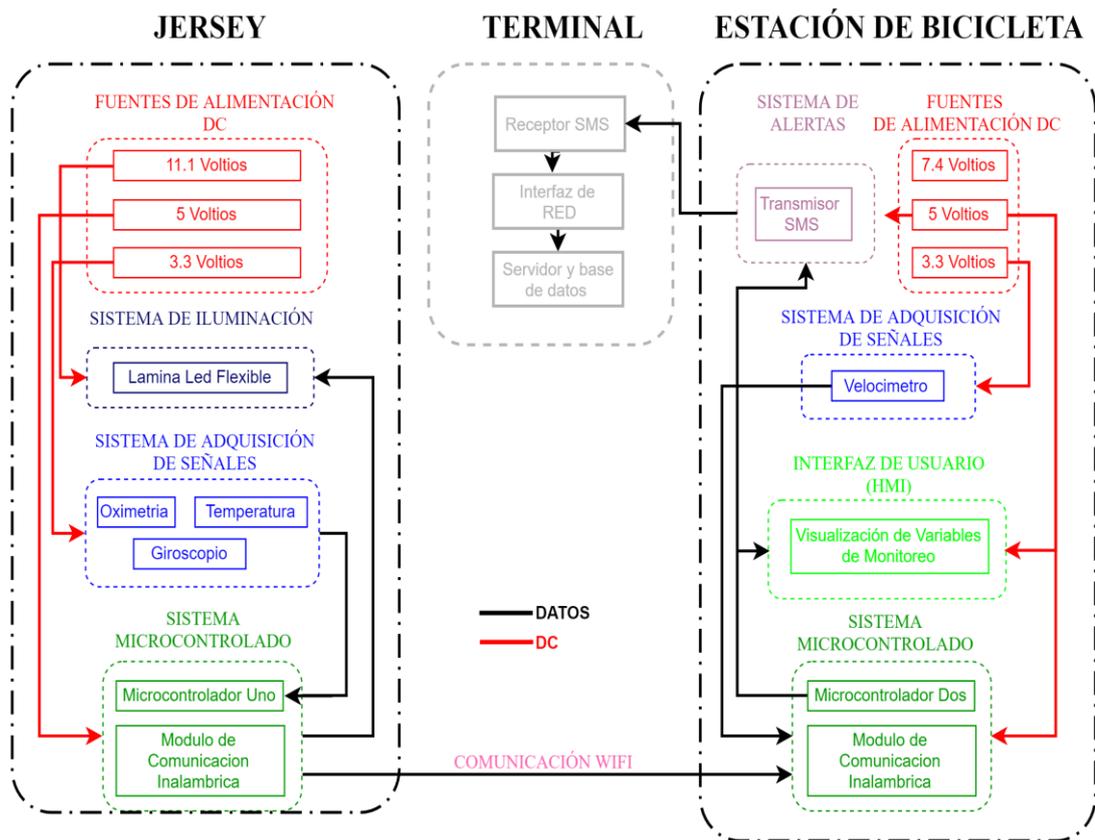


Fig. 12. Diagrama de Procesos, Sistema autónomo de monitoreo de señales Fisiológicas
Elaborado por: Investigador.

4.3 ESTANDARIZACIÓN DE SEÑALES FISIOLÓGICAS EN CICLISTAS

El Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León informa que la temperatura corporal en los seres humanos que practican actividad deportiva depende del ambiente donde ella se realiza, siendo un factor importante no es el principal ya que la temperatura corporal puede subir algunos grados pero no en tiempos prolongados, ya que el cuerpo cuenta con la característica de enfriar el organismo como método de protección a través del sudor o transpiración del deportista este mecanismo es activado si la temperatura sube, independientemente si es por esfuerzo muscular o la intensidad del ejercicio [45].

Temperatura

La temperatura corporal varía de acuerdo al lugar en que se realice la medición ya que el cuerpo humano presenta variaciones en lugares específicos, siendo la temperatura oral la que presenta un valor más preciso, independientemente del lugar se plantea rangos seguros en los que puede oscilar la temperatura corporal sin que sufra complicaciones el deportista, observar la Tabla. 7 de los rangos seguros de temperatura [45].

Tabla. 7. Rangos de Temperatura a Monitorear al Practicar Ciclismo

TEMPERATURA CORPORAL	
Tipo de Riesgo	°C
Temperatura corporal normal	36.5 y 37.2
Riesgo Ligero	37.2 a 38.1
Riesgo Importante	38.1a 39.4
Riesgo Critico	>39.4

Elaborado por: Investigador

Saturación de Oxígeno en la sangre

En la Tabla. 8 se muestra la estandarización de los valores del porcentaje de nivel de saturación de oxígeno en la sangre, para establecer las alertas de emergencia de acuerdo a rangos seguros para el cuerpo humano, un deportista depende de una buena oxigenación para el desarrollo de sus periodos de entrenamiento [45].

Tabla. 8. Riesgo en los niveles de oxígeno en la sangre

NIVELES DE OXÍGENO EN LA SANGRE	
Tipo de Riesgo	SaO2
Nivel de oxígeno normal	95% y 97%
Riesgo Ligero	<95%
Riesgo Critico	92% y 90%

Elaborado por: Investigador

Frecuencia Cardíaca

The American College y Stanford University estandarizan los niveles de frecuencia cardíaca en deportistas estableciendo los siguientes rangos que se observa en la Tabla. 9 con los que procede a generar alertas en el caso de superar los mismos [46]

Tabla. 9. Rangos de Frecuencia Cardíaca

FRECUENCIA CARDÍACA EN DEPORTISTAS	
Tipo de Riesgo	PPM
En Reposo	40 a 60
Actividad Moderada	60 a 110
Riesgo Ligero	110 a 130
Riesgo Critico	130 a 150

Elaborado por: Investigador

4.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO

El sistema que se propone para la implementación del prototipo como proyecto de tesis fue analizado para dar soporte a las necesidades de los deportistas que practican el ciclismo, ayudando a que sus periodos de entrenamiento sean más seguros, evitando accidentes de tránsito y precautelando la integridad fisiológica del usuario, el mecanismo de funcionamiento del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales fisiológicas con gestión de emergencias para seguridad vial de ciclistas amateur, se presenta en el diagrama de bloques en la Fig. 12 donde se puede apreciar tres subsistemas que interactúan entre sí, el primero con el nombre de Jersey es la unidad móvil del prototipo, ya que forma parte de la indumentaria del deportista, el segundo con el nombre de Estación de bicicleta es el receptor de datos adquiridos por el Jersey y que permite interactuar con el usuario y el tercero es el encargado de almacenar los datos remotamente además de las alertas que puedan generarse.

A continuación, se detalla los parámetros técnicos considerados para la selección de los componentes necesarios para cada uno de los subsistemas mostrados.

4.4.1 Jersey

La estación Jersey tiene como objetivo principal, controlar las variables obtenidas a través de los periféricos conectadas al procesador, mismo que se encarga de recibir los datos y determinar si estos sufrieron cambios no favorables para el deportista considerando la temperatura y el nivel de oxígeno en la sangre para así generar alertas automáticas las cuales serán enviadas a través de la red telefónica por medio de un SMS, la alerta generada llevara información de las variables alteradas más la ubicación exacta del deportista, al mismo tiempo inalámbricamente es posible visualizar alertas en la interfaz de usuario de la estación de la bicicleta.

La estación Jersey cuenta con señalética luminosa mostrando dirección y presuntas paradas de ciclista, estas señales son activadas a conveniencia del usuario, teniendo un tiempo de permanencia para que el deportista concluya la acción a realizarse, las señales luminosas se activan siguiendo un patrón preestablecido, indicando a través de señas la dirección a la que desea dirigirse el deportista, por consecuencia de este

movimiento se encenderá la señal luminosa las mismas que se encuentran ubicadas en la espalda del ciclista como se observa en la Fig. 13

Todos los datos generados por los diferentes sensores en la estación Jersey serán transmitidos a través del controlador el cual tiene integrado un módulo de comunicación Wifi, lo que permite ser configurado como Access Point característica muy importante a la hora de la comunicación ya que brindara servicio a la estación de la bicicleta, por medio de este enlace se realizara la transmisión de información hacia la otra estación.



Fig. 13. Punto de instalación de señales luminosas
Elaborado por: Investigador

a) **SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

El sistema de iluminación en el prototipo cumple con la función de advertir los cambios de giro y stop, estas señales serán activadas a través de señales de tránsito manuales, el sistema de iluminación cuenta con la característica de ser flexible por lo que no incomoda en la movilidad del ciclista.

• **SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

En la selección del sistema de iluminación del prototipo, se ha considerado tres tipos de leds, los cuales se los ha comparado con sus especificaciones técnicas y la vez la frecuencia de uso en dispositivos wearable, para lo cual se realiza un análisis en la Tabla. 10

Tabla. 10. Análisis Comparativo, Sistema de Iluminación [47], [48].

DISPOSITIVOS LUMINOSOS			
Parámetros Técnicos	Tablero LED	LilyPad Led	Tira Led 5050 1m
Potencia (Vatios)		3w	14.4w/m
Lúmenes	100Lm	5 Lm	360 Lm
Vida útil (horas)	20000	30000	50000
Dimensiones	15x15 cm	0.5x0.5 cm c/u	0.5x0.5 cm c/u
Emisión de calor	alta	media	baja
Wearable	no	si	si
Costo Aproximado	\$40	\$1 c/u	\$5 c/m

Elaborado por: Investigador

Posterior al análisis comparativo en base a las características de los diferentes dispositivos y tecnologías utilizadas para la iluminación, se selecciona la tira led 5050 de 360 Lm para el diseño de las señales luminosas del prototipo gracias a las ventajas que presenta como la maniobrabilidad para formar diferentes figuras para la señalización, se considera como aspecto muy importante la vida útil con relación a los otros dispositivos, como también la baja emisión de calor sin afectar la integridad corporal del ciclista sin dejar de lado el costo sumamente accesible.

La tira led seleccionada cuenta con 60 leds por cada metro distribuidos en conjuntos de tres, su denominación es tira led SMD 5050 es una tira de montaje superficial, los números en su denominación hacen referencia a las dimensiones de los chips como se ilustra en la Fig. 14 es decir los leds con que cuenta la tira seleccionada tienen una media de 5x5 milímetros de diámetro, con una potencia de 0,5w, está considerada como tiras de alta potencia lo que favorece a la hora de la instalación por debajo de la prenda de vestir del ciclista.

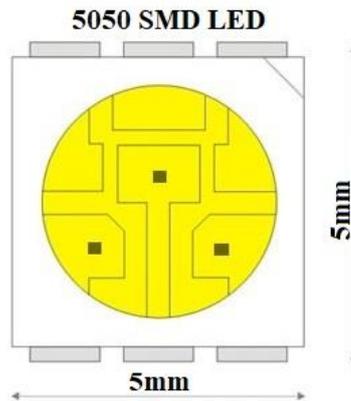


Fig. 14. Led SMD [47].

b) SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES DEL JERSEY

El sistema de adquisición de señales se encarga de obtener los datos de cada uno de los sensores usados para la motorización de los ciclistas en sus periodos de entrenamiento con el fin de prevenir contratiempos por esfuerzos físicos desmedidos.

• SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES

A continuación se especifica cada uno de los sensores usados en el sistema de adquisición de señales, junto con el dispositivo de activación del sistema de iluminación, detallando sus especificaciones técnicas.

Sensor de Pulsioximetría

El sensor de Pulsioximetría cumple con la función de medir el nivel de oxígeno en la sangre y a su vez obtener el número de pulsaciones del corazón, con la finalidad de monitorear en tiempo real y verificar que se mantengan dentro de rangos seguros al practicar ciclismo, para la selección del sensor de oximetría se ha considerado tres sensores y se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 11 donde se describe sus principales estándares de operación.

Tabla. 11. Análisis comparativo, Sensores de Oximetría [20] [49], [50].

SENSORES DE PULSIOXIMETRÍA			
Parametros Tecnicos	Max30102	Max30100	Keystudio FR-4
Función	Oximetría de Pulso	Oximetría de Pulso	Frecuencia de Pulso
Procesador	Maxim Integrate	Maxim Integrate	FR-4
Dimensiones	12.7 x 12.7 mm	23.5 x 19 mm	33 x 25 mm
Voltaje de Operación	3.1-5.25 V	3.1-5V	5V
Corriente de Operación	600 μ A	600 μ A	20 μ A
Temp de Operación	-40°C a 85°C	-40°C a 85°C	-30°C a 70°C
Modulo adicional	No	No	No
Wearable	SI	SI	Adaptable
Lavable	Adaptable	Adaptable	No
Precio	\$8	\$15	\$2.50

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres sensores en cuestión se selecciona el sensor Max30102.

MAX30102: es un módulo compatible con la plataforma de Arduino conocido como biosensor de pulso la ventaja de este sensor por lo que fue elegido es el precio sumamente accesible a la vez la disponibilidad en el mercado ecuatoriano, como también las dimensiones facilitando elegir el lugar de instalación para no afectar la movilidad del usuario otra ventaja que presenta es que permite obtener la frecuencia cardíaca a más del nivel de oxígeno en la sangre, consta de leds internos que son elementos fotodetectores, por lo que se los considera elementos ópticos una de las características principales es que está considerado dentro de los dispositivos usados para el diseño de tecnología wearable, también se hace referencia a que cuenta con una interfaz estándar la cual es compatible con la comunicación I2C.

Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura cumple con la función de medir en tiempo real la temperatura corporal en ciclistas, para establecer si la misma se mantiene en rangos seguros a la

hora de los periodos de entrenamiento, para la selección del sensor de temperatura se han considerado tres sensores y se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 12 donde se describe sus principales estándares de operación.

Tabla. 12. Análisis comparativo, Sensores de Temperatura [51], [52], [53].

SENSORES DE TEMPERATURA			
Parámetros Técnicos	LM35	DS18B20	DHT11
Rango de detección	-55 a 150°C	-55 a 125°C	0 a 50°C
Voltaje de Operación	4 a 20 v	3 a 5.5V	3 a 5V
Corriente de Operación	60 μ A	4 mA	200 μ A
Tolerancia	2°C	2°C	--
Precisión	\pm 0.8°C	\pm 0.5°C	\pm 2.0°C
Señal de Salida	Voltaje	Voltaje	Voltaje
Tipo de Señal de Salida		Lineal	Lineal
Tamaño	Pequeño	Pequeño	Pequeño
Acoplamiento Adicional	No	No	No
Peso	0.2g	0.2g	0.4g
Precio	\$2.50	\$2.00	\$2.00

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres sensores en cuestión se selecciona el sensor de temperatura DS18B20.

DS18B20: el siguiente sensor es un termómetro digital que favorece la transmisión de información gracias a la señal que presenta lo que permite que está no se degrade debido a la distancia del cableado, la ventaja principal de este sensor es la estabilidad en los valores medidos en relación a los otros sensores que son analógicos que tienen mayor error en la medición. Puede medir temperaturas de hasta 125°C, tiene una precisión de \pm 0.5°C con una resolución de 9 a 12 bits lo que permite obtener datos con mayor precisión aun cuando estos varíen. El rango de operación del sensor es de 3 a 5v por lo que se puede utilizar en cualquier sistema que use un microcontrolador.

Sensor para Orientación y Posición

El sensor de orientación y posición en el prototipo sirve para determinar la posición del brazo del ciclista ya que por medio de él, se realizan señales manuales de tránsito, permitiendo la activación del sistema de iluminación el mismo que advierte de cambios de dirección ya sea derecha o izquierda a conveniencia del ciclista.

Para la selección del sensor de Orientación y posición se ha considerado tres sensores y se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 13 donde se describe sus principales estándares de operación.

Tabla. 13. Análisis comparativo, Sensores Orientación y Posición [54], [55], [56].

SENSORES DE INERCIALES			
Parámetros Técnicos	MPU-6050	MPU-9250	ADXL335
Voltaje de Operación	2.37 a 3.46 V	2.4 a 3.6 V	2.37 a 3.46 V
Corriente de Operación	3.6 mA	3.7 mA	350 μ A
Ángulos de libertad	6	9	2
Sensibilidad	Si \pm 250, \pm 500, \pm 1000, y \pm 2000dps	Si \pm 250, \pm 500, \pm 1000, y \pm 2000dps	No
Acelerómetro	Si	Si	Si
Magnetómetro	No	Si	No
Pro. Mov Digital	Si	Si	No
Compas	Si	Si	No
ADC	16 bits	16 bitss	8 bits
Dimensiones	10x25x0.9 mm	20x20x1 mm	10x10x1
Acoplamiento Adicional	No	No	No
Peso	0.2g	0.4g	0.2g
Comunicación	I2C 400kHz	I2C 400kHz	I2C 200kHz
Precio	\$4.50	\$15.00	\$2.00

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres sensores en cuestión se selecciona el sensor MPU6050.

MPU6050: el siguiente sensor es un giroscopio que tienen integrado un acelerómetro, se lo ha seleccionado por sus 6 grados de libertad que ofrece para la obtención de los gestos que se desea grabar, cuenta con comunicación I2C y gracias a su tamaño facilita la instalación en el prototipo, es un sensor que no desperdicia recursos por ende su costo no es elevado y es de fácil adquisición en el mercado ya que se requiere que el prototipo sea de bajo costo, cumpliendo con las necesidades requeridas.

c) **TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN**

La tecnología de comunicación cumple un papel fundamental en el prototipo ya que se encarga de interconectar inalámbricamente la estación Jersey a la Estación de Bicicleta, esta conexión entre las dos estaciones permite transmitir la información bidireccionalmente, este proceso se realiza en tiempo real evitando tener pérdida de información como también pérdidas de conexión siendo un factor importante a la hora de establecer cualquier tipo de comunicación inalámbrica, principalmente si la fuga de información depende del enlace mismo

• **SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN**

Para la selección de la tecnología de comunicación se ha considerado tres tecnologías que trabajan inalámbricamente siendo la distancia de conexión un factor importante a considerarse para la selección de la tecnología, como también la velocidad de transmisión con la que trabaja por lo que se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 14 donde se describe sus principales estándares de operación para realizar la selección de la tecnología más adecuada para el sistema.

Tabla. 14. Análisis comparativo, Tecnologías Inalámbricas [21], [57].

TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS			
Parámetros Técnicos	Bluetooth	ZigBee	WI-FI
Topología	Pisconet Scatternet	Árbol y Estrella	Árbol
Velocidad de transmisión	700 Kbps	250 Kbps	11-54 Mbps
Distancia de comunicación sin Obstáculos	>10 m	1.6 Km con línea de vista	1-100 m
Distancia de comunicación con Obstáculos	>5 m	15 m	>15 m
Estándar	802.15.1	802.15.4	802.11
Tipo de Red	WPAN	WPAN	WLAN, Ad-Hoc
Frecuencia	2.4 GHz	2.4GHz	2.4- 5 GHz
Canales	79	16	11
Modulación	PSK	O-QPSK	OFDM, CCK, BPSK
Numero de posibles nodos	65535	255	$255 \cdot 2^{24}$
Tecnología de acceso para dispositivos móviles	Si	No	Si
Aplicaciones	Voz y datos	Radiodifusión digital de bajo consumo	Internet, IoT

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de las tres tecnologías inalámbricas en cuestión se selecciona la tecnología inalámbrica Wi-fi.

Wi-Fi: la tecnología inalámbrica wi-fi brinda varias ventajas sobre las dos tecnologías utilizadas para el análisis comparativo, ya que existen módulos de bajo costo que ofrecen conectividad wi-fi estos módulos son compatible con plataformas de código abierto facilitando su configuración y acceso a información que ayude a este proceso, otra de las ventajas de la tecnología wi-fi es la velocidad de transmisión siendo esta superior en gran medida llegando hasta 54 Mbps de velocidad, factor importante a la hora de transmitir información pues es posible transmitir gran cantidad de datos empaquetados en menor tiempo, el proceso de vinculación entre nodos se puede realizar una sola vez evitando realizar este proceso en repetidas ocasiones eliminando la desconexión entre estaciones, la compatibilidad que existe es de gran importancia ya que la mayoría de dispositivos cuentan con módulo wi-fi para la comunicación siendo su alcance la mayor de las ventajas

d) SISTEMA MICROCONTROLADO

El sistema microcontrolado sirve para procesar la información obtenida de los periféricos como sensores mismos que se encargan medir las variables para que el microcontrolador analice y procese los datos y realice acciones de acuerdo al algoritmo indicado por el programador

• SELECCIÓN DEL SISTEMA MICROCONTROLADO

Para la selección del sistema microcontrolado se considera tres microcontroladores y se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 15 para determinar el tipo de controlador que será favorable en el diseño del prototipo.

Tabla. 15. Análisis Comparativo Microcontrolador [58], [59], [57].

MICROCONTROLADOR			
Parámetros Técnicos	PIC 18f4550	Arduino Nano	ESP 8266
Voltaje de Operación	4.2 a 5 V	5 a 12 V	5 a 9 V
Corriente de operación	25 mA	40 mA	80 mA
Entradas Analógicas	9	6	1
Circuito Integrado	18F4550	Atmega 328	Tensilica L106 de 32 bits
Entradas y salidas digitales	4	14	17
Canales de conversión análogo digital	13	6	1
Bits de resolución	10	10	10
Puerto de comunicación	MSSP, USART	USART, SPI e I2C	USART, SPI e I2C
Memoria	Memoria Programable 32 kB EEPROM de 20 bytes	Flash de 32 kB RAM estática de 32kB EEPROM de 20 bytes	RAM de 32 kB, datos de 94kB y externa de 4MB
Compatible con estándar IEEE 802.11	No	No	Estándar IEEE 802.22 b/g/n integrado Stack de protocolo TCP/IP Integrado
Módulo wifi integrado	No	No	Si
Dimensión	52x15 mm	46x25 mm	53x70 mm
Precio	\$8.00	\$15.00	\$15

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres sensores en cuestión se selecciona el Microcontrolador ESP8666.

ESP 8266-12: es un microcontrolador Tensilica Xtensa es un procesador de 32 bits con instrucciones de 16 bits, el procesador funciona a 80MHz pero puede ir a 160MHz el cual se ilustra en la Fig. 15, la velocidad de este microcontrolador está sujeta a configuración, el microcontrolador a su vez tiene sus variantes ya que sus versiones se las diferencia a la hora de montarlo sobre una placa impresa ya que sus características de construcción son diferentes por lo que se la conoce como un dispositivo distinto que usa el microcontrolador ESP8266-12 esta variante se la conoce como la placa electrónica NODEMCU la misma que está basada en la ESP-12 cambiando sus dimensiones y el número de pines disponibles los cuales son 30 y cuenta con un puerto USB para su configuración, la placa seleccionada es compatible con el estándar IEEE802.11 ya que integra un módulo de comunicación inalámbrica el cual favorece en la construcción del prototipo ya que lo que se necesita es optimizar el espacio [58], [57].

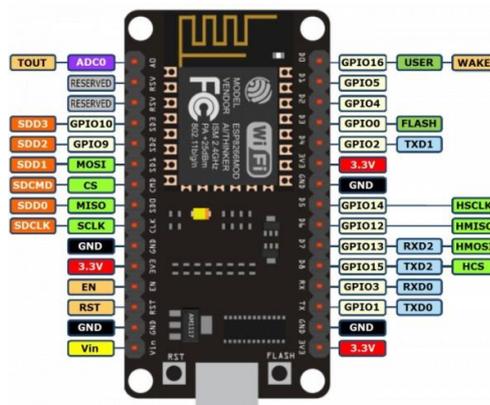


Fig. 15. Esquema Microcontrolador Nodemcu Esp8266 [58]

4.4.2 Estación de Bicicleta

La estación de la bicicleta se comunica con la estación Jersey de forma inalámbrica ya que está configurada como cliente de la estación Jersey, la comunicación wifi permite que la transferencia de datos sea más estable, considerando que en la estación Jersey se tienen tres sensores que están generando información y necesita ser enviada sin pausas ya que el monitoreo se realiza en tiempo real.

La comunicación inalámbrica será bidireccional entre las dos estaciones, lo que permite recibir datos de las alertas generadas en la estación Jersey. La información es procesada para generar alertas visuales en una HMI la cual se encuentra ubicada en el manubrio de la bicicleta como se muestra en la Fig. 16 y permite mostrar los datos como son velocidad, temperatura, pulso y saturación de oxígeno en la sangre, notificando de cambios inadecuados en las variables fisiológicas de los deportistas. Las alertas generadas por un accidente o por la alteración de las variables fisiológicas de los ciclistas son enviadas a un terminal receptor, el cual podría ser un familiar o directamente un centro de control al mismo tiempo que los datos serán almacenados en un centro de monitoreo a través de una base de datos para que los mismo sean visualizados a conveniencia del centro de monitoreo



Fig. 16. Punto de instalación de la estación de bicicleta.
Elaborado por: Investigador

a) SISTEMA PARA INTERFAZ DE USUARIO HMI

El prototipo cuenta con dos estaciones principales de las cuales una de ella presenta alertas visuales para el ciclista, dependiendo de las variaciones de sus señales fisiológicas y avisos del encendido de las señales luminosas, este será el medio de comunicación entre el prototipo y el usuario de manera gráfica.

• SELECCIÓN DEL SISTEMA PARA INTERFAZ DE USUARIO HMI

Para la selección del dispositivo que se usara como interfaz de usuario se realiza el análisis comparativo desarrollado en la Tabla. 16 donde se detalla las características de cada uno de los dispositivos

Tabla. 16. Análisis Comparativo, Dispositivos de Visualización [60].

DISPOSITIVOS DE VISUALIZACIÓN			
Parámetros Técnicos	LCD TFT 2.4" TOUCH V2.1	LCD 20x4	NX3224T024 NEXTION 2.4"
Voltaje de Operación	3.3 a 5 V	5 V	5 V
Corriente de operación	100 mA	180 mA	60 mA
Resolución		75 x 26 mm útiles	320x240 pixeles
Colores	26 k	Verde/Negro	65 k
Tamaño	2.4" 240x320px	20x4 segmentos240x320px	240x320px
Protocolo de Comunicación	SPI+controlador HX8347D	I2C	USART
Compatibilidad	Arduino	Arduino	Arduino Raspberry Pi
Memoria integrada	No	No	Si
Peso	60 g	80 g	62 g
Tipo de pantalla	Pantalla Táctil	Matriz de punto	Pantalla Táctil
Configuración	Microcontrolador	Microcontrolador	Software Nextion
Precio	\$ 25	\$ 10	\$ 25

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres módulos en cuestión se selecciona el Pantalla NEXTION 2.4".

NEXTION 2.4" Modelo NX3224T024 es una pantalla touch scream de 2.4 pulgadas que permite la visualización de imágenes y texto alfanumérico cuenta con un software de programación lo que la hace versátil ya que evita consumir recursos del controlador principal, trabaja con el protocolo USART lo que facilita las conexiones ya que solo cuenta con 4 cables entre alimentación y pines de información, gracias a sus 65k en

colores permite visualizar todo tipo de imágenes permitiendo visualizar una interfaz de usuario previamente elaborada siendo está muy amigable con el deportista que hará uso de la mismo [60].

b) SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES DE LA ESTACIÓN DE BICICLETA

En el sistema de adquisición de señales, se procede a la selección de los diferentes sensores a través de los cuales se obtendrá los datos de las variables como velocidad de la bicicleta y el posicionamiento global de la misma para que estas sean analizadas, procesadas y visualizadas interactuando entre el usuario y el mecanismo de generación de alertas.

• SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE SEÑALES DE LA ESTACIÓN DE BICICLETA

A continuación se especifica el modulo y sensor, utilizados en el sistema de adquisición de señales de la estación de la bicicleta, detallando sus especificaciones técnicas.

Sistema de Comunicación y Posicionamiento Global

El Sistema de Comunicación y Posicionamiento Global cumple con dos funciones importantes ya que se encarga generar la información que será recibida por el terminal receptor, esta información cuenta con datos de la ubicación exacta del ciclista y las variables alteradas del deportista en el caso de que el mismo sufra un accidente, para lo cual el sistema de comunicación envía los datos por medio de un mensaje usando la red GSM ya que es una red estable y permite la comunicación en cualquier lugar, por lo que se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 17 donde se detalla las especificaciones de tres módulos de comunicación y posicionamiento.

Tabla. 17. Análisis Comparativo, Módulos de Comunicación [61], [62], [63].

MÓDULOS DE COMUNICACIÓN			
Parámetros Técnicos	SKM53	SIM/808	SIM7100
Voltaje de Operación	3.6 a 5 V	3.4 a 4.4 V	3.4 a 4.2 V
Corriente de operación	50 mA	2 A	325 mA
Temperatura de operación	-40 a 85 °C	-40 a 85 °C	-40 a 85 °C
Sensibilidad del rastreo	-165 dBm	-165 dBm	-165 dBm
Sensibilidad de adquisición	-148 dBm	-159 dBm	-148 dBm
Velocidad de transmisión	9600 bps	85600 bps	9600bps
Tecnologías disponibles	GPS	GPS/GSM- GPRS	GPS/GSM/WCDM/HS PA/HSPA+/LTE
Exactitud	3 m	2.5 m	2.5 m
Dimensiones	30x20x8.5 mm	69x54 mm	30x30x2.9 mm
Canales de recepción	22/66	22/66	16
Interfaces	UART	UART, USB KEYPAD, PCM, SPI, I2C, SIM	UART, I2C, SPI, USB, USIM, PCM KEYPAD, MMC/SD, SDIO
Peso	15 g	50 g	5.8 g
Precio	\$70	\$40	\$50

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres módulos en cuestión se selecciona el Modulo SIM7100A.

SIM7100A: es un módulo compatible con plataformas de código abierto, se puede mencionar la plataforma de Arduino siendo compatible con RaspberryPi su tamaño es un punto muy importante para ser integrado en sistema en donde el tamaño es reducido junto con el bajo consumo de corriente que este módulo presenta es esencial para ser integrado en sistemas portables, brindando la facilidad de adaptarse a lugares pequeños

para su instalación, cuenta con puerto de comunicación I2C UART y SPI lo que permite tener varias opciones para obtener la información que este genera siendo compatible con gran cantidad de módulos, su configuración se la hace a través de Comandos AT brindando el servicio de modulo GPS/GSM/GPRS teniendo ventaja a los otros módulos analizados en la precisión cobertura y tecnología al ser más robusta lo que posibilita la reducción de módulos adicionales evitando tener un alto consumo de corriente en la Fig. 17 se presenta el esquema de la arquitectura de funcionamiento [63].

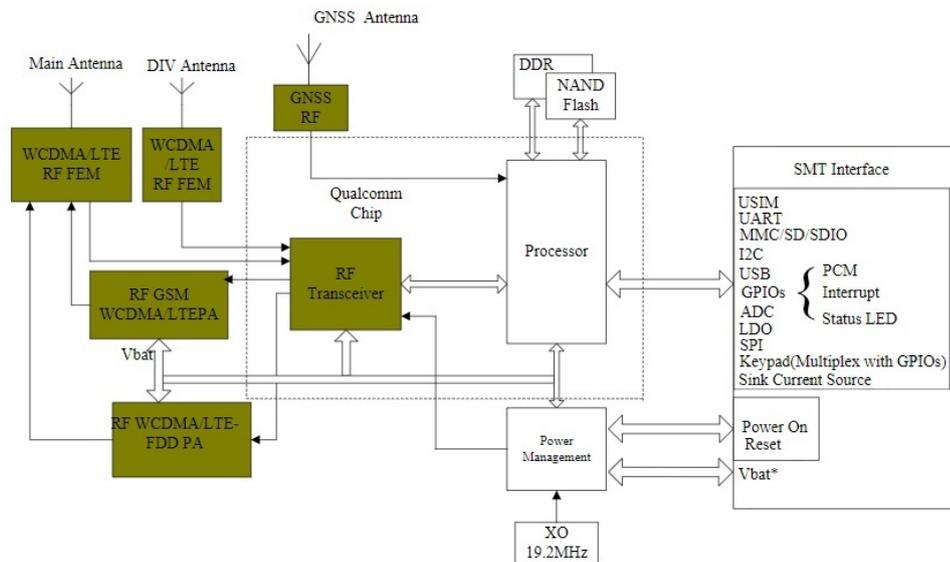


Fig. 17. Arquitectura de Funcionamiento SIM7100A [63].

Sensor de velocidad

El sensor de velocidad se encargó de medir los pulsos para realizar una relación y obtener la velocidad a la que se desplaza el ciclista con el objetivo que el deportista no exceda los límites de maniobrabilidad de su medio de transporte, permitiendo que el ciclista visualice esta información a través de la interfaz incorporada en el sistema como un medio de comunicación humano máquina para la selección del sensor se realizó un análisis técnico en la Tabla. 18 donde se detallan las especificaciones y parámetros de operación para la selección del sensor que brinde más prestaciones al sistema.

Tabla. 18. Análisis comparativo de Sensores de Velocidad [64], [62], [63].

SENSORES DE VELOCIDAD			
Parametros Técnicos	FZ0888	TCST21	TCPT1600
Voltaje de Operación	3.3 a 5 V	3.3 a 5 V	3.3 a 5 V
Salidas	Analógica y Digital	Analógica	Analógica
Sensor	MOCH22A	No	No
Modelo Placa	FC-03	----	---
Tipo de Emisor	Fotodiodo IR	Fotodiodo	Infrarrojo
Tipo de Detector	Fototransistor	Fototransistor	Fototransistor
Longitud de onda	950 nm	950 nm	950 nm
Peso	8 g	3 g	3 g
Dimensiones	31x14.5x7 mm	24.5x 6.3 x 11.1mm	5.5 x 4 x 5.7 mm
Ranura	5 mm	5 mm	0.3 mm
Comparador	LM393	No	No
Indicador de pulso	Si	No	No
Acoplamiento Adicional	No	Si	Si
Precio	\$4.00	\$2.00	\$1.50

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres sensores en cuestión se selecciona el módulo FZ0888.

Módulo FZ0888 es un sensor que esta acoplado a una placa que cuenta con el acondicionamiento necesario para entregar la señal directamente ya sea esta analógica o digital razón por la que se lo eligió. A la vez cuenta con un diodo led que indica si el sensor esta encendido y otro para mostrar los pulsos captados por el fototransistor por lo que es utilizado como contador de pulsos para poder obtener a través de los mismos

las RPM de un objeto en movimiento, para escoger este módulo se hizo un análisis costo beneficio ya que de los tres sensores que se propuso es el de mayor precio.

c) TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

Las tecnologías de comunicación en la Estación de Bicicleta, permiten la recepción de la información generada en la Estación Jersey, además la transmisión de la misma al terminal receptor siendo una forma de mantener el monitoreo continuo del deportista, que debido a las condiciones geográficas no precisan ser las mismas.

• SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN

A continuación se detallan las características técnicas de distintas tecnologías de comunicación, que permitan la transmisión de datos de todo el sistema procurando establecer la comunicación sin pérdidas de conexión de acuerdo a los requerimientos de cada subsistema.

Tecnología de comunicación Jersey - Estación de Bicicleta

De acuerdo a las características técnicas presentadas en la Tabla. 14 se selecciona la tecnología WI-FI, con el fin de facilitar la transmisión de datos ya que trabajan con módulos que integran comunicación wi-fi lo que facilita el proceso de envío y recepción de datos al emplear el mismo sistema de comunicación

Tecnología de comunicación Estación de Bicicleta – Terminal Receptor

Para la selección de la tecnología de comunicación se requiere se ha considerado tres tecnologías y se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 19 donde se describe sus principales estándares de operación.

Tabla. 19. Análisis comparativo, Tecnologías Inalámbricas [65], [66].

TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS			
Parámetros Técnicos	WI-FI	LTE	GSM
Velocidad de transmisión	11-54 Mbps	20 – 100 Mbps	236 Kbps
Alcance	10-300 m	5 Km celdas de cobertura	30 Km, cobertura Global
Estándar	802.11 IEEE	802.16 IEEE	
Tipo de Red	WLAN, Ad-Hoc		
Frecuencia	2.4- 5 GHz	70MHz	900-1800 MHz
Canales	11	---	0-124
Modulación	OFDM, CCK, BPSK	QPSK, 16QAM y 64QAM	8PSK
Aplicaciones	Internet	Telefonía Móvil	Telefonía Móvil

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de las tres tecnologías inalámbricas en cuestión se selecciona la tecnología GSM.

GSM: se selecciona la red GSM ya que permite tener comunicación inalámbrica entre sus terminales con la característica que permite el uso del canal solo cuando se realiza la comunicación es decir evita tener periodos de conexión innecesarios, otra de las ventajas por las que se selecciona GSM es por la red global, permitiendo tener mayor cobertura y a la vez es una red que no sufre congestión por carga de usuarios ya que en la actualidad la mayoría usuarios de la red telefónica ocupa paquetes de datos siendo una red saturada y congestionada para envío de información multimedia.

d) SISTEMA MICROCONTROLADO

De acuerdo a las características técnicas presentadas en la Tabla. 15 se selecciona el mismo dispositivo microcontrolado, ESP8266, con el fin de facilitar la transmisión de datos al emplear la misma tecnología.

4.4.3 Terminal Receptor

El terminal receptor es el encargado de recibir y almacenar la información generada por la estación de la bicicleta. Este receptor capta la información continuamente cada cierto tiempo, almacenándola tanto en condiciones normales como al generarse una alerta de imprevisto, permitiendo monitorear remotamente al usuario e incluso realizar análisis estadísticos en base a los datos adquiridos en el Jersey; los demás receptores visualizan únicamente las alertas generadas con el fin de contar con asistencia inmediata

a) SISTEMA PARA TERMINAL RECEPTOR

En el sistema para el terminal receptor se desea incorporar diferentes dispositivos los que permitirán levantar un servidor con la finalidad de guardar información para que ésta pueda ser observada en el tiempo que se requiera sin importar si existe o no alertas por parte del prototipo.

• SELECCIÓN DE HARDWARE PARA EL TERMINAL RECEPTOR

A continuación se detalla los dispositivos utilizados en el terminal receptor con sus respectivas tablas comparativas para la selección de los mismos

Micro Computador

El micro computador en el prototipo cumple la función de alojar la base de datos creada para almacenar la información de cada uno de los sensores incorporados en el prototipo, con el fin de permitir administrar y visualizar a conveniencia del centro de monitoreo, por lo que se toma en cuenta tres micro computadores para realizar un análisis comparativo de las especificaciones técnicas que se observa en la Tabla. 20

Tabla. 20. Análisis comparativo de dispositivos para levantamiento de servidor [67], [68], [69].

MICRO COMPUTADOR			
Parámetros Técnicos	Raspberry Pi	BeagleBone	Udoo x 86
Tamaño	85 x 56 mm	86.36 x 53.54 mm	120 x 85 mm
Procesador	Broadcom BCM2387	Sitara AM3359	Intel Pentium N3710-2.56GHz
Memoria RAM	1 GB LPDDR2	512MB DDR3	8GB DDR3L
Comunicación Inalámbrica	LAN inalámbrica 802.11 b/g/n-2.4 GHz	No	Wifi, Bluetooth
GPIO	40 pines	69 pines	20 pines
Velocidadde Reloj	1.2 GHz	1 GHz	----
Ethernet	1 Puerto Ethernet 10/100	1 Puerto 10/100	1 Puerto 10/100
Micro SD	1 Puerto	1 Puerto	1 Puerto
Puertos USB	4 Puertos 2.0	4 Puertos 2.0	3 Puertos 3.0
Salida de Video	Jack, HDMI	Jack, MicroHDMI	HDMI
Sistemas Operativos	ARM GNU/Linux, Android y Windows 10 IoT	Debian, Android, Ubuntu, Cloud9 IDE on Node.jsw	Linux, Android, Windows
Corriente de Operación	2.5 A	210-460 mA	2 A
Voltaje de Operación	5V	5V	12V
Precio	\$60	\$105	\$250

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de los tres mini ordenadores se selecciona la placa RaspberryPi.

RaspberryPi es un Micro ordenador, que en comparación con las dos tarjetas utilizadas para la tabla el precio es bajo junto con la compatibilidad con varios sistemas operativos libres, brindando la versatilidad de su tamaño reducido y el fácil acceso a

información acerca de su configuración, otra de la ventajas para la selección de la RaspberryPi es la fácil adquisición ya que es una placa que se comercializa constantemente en el mercado ecuatoriano

Módulo de Comunicación

Para el módulo de comunicación se busca un dispositivos que permita recibir la información generada en el prototipo, para ser procesada, almacenada y visualizada en el centro de monitoreo por lo que se realiza un análisis comparativo en la Tabla. 21 de tres módulos de comunicación

Tabla. 21. Análisis de Selección del Módulos de Comunicación-Terminal Receptor. [62], [63], [70].

MODULOS DE COMUNICACIÓN-TERMINAL RECEPTOR			
Parámetros Técnicos	SIM900	SIM808	SIM7100A
Voltaje de Operación	3.2 a 4.8 V	3.4 a 4.4 V	3.4 a 4.2 V
Corriente de operación	1.5 mA	2 A	325 mA
Sensibilidad del rastreo	----	-165 dBm	-165 dBm
Velocidad de transmisión	85600 bps	85600 bps	9600bps
Tecnologías disponibles	GSM-GPRS	GPS/GSM-GPRS	GPS/GSM/WCDM/HSPA/HSPA+/LTE
Exactitud	----	2.5 m	2.5 m
Dimensiones	75 x 55 x 10 mm	69 x 54 mm	30 x 30 x 2.9 mm
Interfaces	UART	UART, USB, KEYPAD, PCM, SPI, I2C, SIM	UART, I2C, SPI, USB, USIM, PCM, KEYPAD, MMC/SD, SDIO
Peso	40 g	50 g	5.8 g
Precio	\$35	\$40	\$50

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas y parámetro de operación de los tres módulos de comunicación se selecciona el módulo sim900.

Módulo SIM900 es un Módulo de comunicación inalámbrica mediante tecnología GSM motivo por el que fue seleccionado ya que a diferencia de los dos módulos que se usa para la comparación estos cuentan con GPS integrado, siendo una pérdida de recursos, ya que la aplicación para el módulo es de recibir mensajes, la sim900 es un módulo que se comercializa para proyectos por lo que es de fácil adquisición en el mercado ecuatoriano además su precio es relativamente bajo por no contar con módulos adicionales o más tecnologías integradas, la escalabilidad de este módulo es otro punto a favor ya que es posible sobre ponerlo en el Arduino uno evitando crear placas adicionales para su funcionamiento.

Módulo de Procesamiento de datos

El módulo de procesamiento de datos en el terminal receptor cumple con la función de obtener la información recibida por parte del módulo de comunicación, siendo estos enviados por la estación de la bicicleta, esta información requiere ser procesada para determinar qué valor corresponde a los datos de los sensores y que valor corresponde a la latitud y longitud enviada por el GPS del sistema, luego del análisis de la información obtenida, el resultado de este proceso permite que la información esté lista para ser enviada al servidor con el objetivo de ser almacenada en la base de datos y pueda ser analizada a conveniencia del usuario, por este motivo se busca para el procesamiento de datos del terminal receptor un microcontrolador con bajas prestaciones, ya que solo se encarga preparar la información para ser clasificada y almacenada, para lo cual en la Tabla. 22 se realiza un análisis comparativo en base a las especificaciones técnicas y parámetros de operación de dos posibles placas electrónicas para el procesamiento de datos del terminal receptor

Tabla. 22. Análisis Comparativa, Modulo para Procesamiento de Datos del Receptor [71], [72].

MODULO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS DEL TERMINAL RECEPTOR		
Parámetros Técnicos	Arduino Uno	Pingüino 18F2550
Voltaje de Operación	4.5 a 5.5 V	2 a 5.5 V
Procesador	Atmega328	PIC18F2550
Pines Digitales	14	23
Pines Analógicos	6	5
Velocidad de reloj	16 MHz	20 MHz
Dimensiones	8 x 5,5 x 2,5 cm	Según versión Adquirida
Interfaz de programación	USB, ICSP	USB, ICSP
Comunicación	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI
Modulo Escalable	Shield W5100	Según versión Adquirida
Peso	18 g	12 g
Precio	\$ 10	\$ 15

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado un análisis comparativo en base a las características técnicas de las dos placas electrónicas para el procesamiento de datos del terminal receptor se selecciona el Arduino Uno

Arduino Uno es una placa electrónica de software libre de fácil adquisición en el mercado a la vez su costo es bajo, es un módulo adaptable gracias a los módulos compatibles con el mismo, por lo que evita crear placas adicionales para el montaje superficial, es decir es un módulo escalable ya que permite apilar modulo sobre él de acuerdo a las necesidades del usuario.

4.5 DESARROLLO DEL PROTOTIPO

El presente proyecto basa su funcionamiento en las siguientes etapas o subsistemas previamente descritos, con sus componentes debidamente seleccionados, para su respectiva implementación, en concordancia con los criterios de diseño que se describen a continuación.

4.5.1 Jersey

El sistema del Jersey para la adquisición y transmisión de datos emplea los dispositivos que pueden ser apreciados en la Fig. 18, donde se detalla además, la interconexión de los mismos

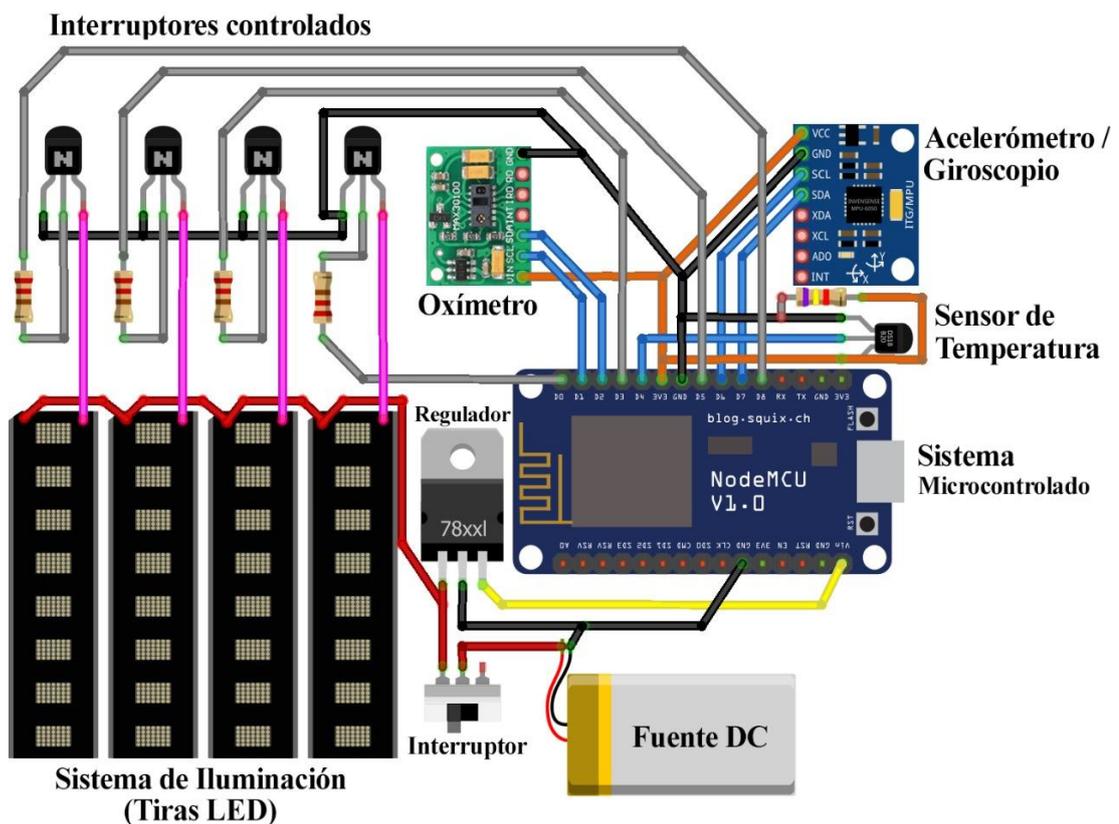


Fig. 18. Circuito Estación Jersey
Elaborado por: Investigador

ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO

Para la alimentación de la estación Jersey en la Tabla. 23, se realiza un análisis en base al voltaje y corriente consumido por cada uno de los elementos activos de la estación Jersey con el fin de determinar la fuente de alimentación necesaria para el correcto funcionamiento de todos los componentes instalados en la estación.

Tabla. 23. Consumo de Voltaje y Corriente Estación Jersey.

TABLA DE CONSUMO		
Componentes	Voltaje	Corriente
Sistema de Iluminación Direccionales	12 V	270 mA
Sistema de Iluminación Stop	12 V	330 mA
Sensor Pulsioxímetro	3.1 – 5 V	600 μ A
Sensor Temperatura	3 – 5.5 V	4 mA
Giroscopio	2.3 – 3.4 V	3.6 mA
Sistema Microcontrolado	5 – 9 V	80 mA

Elaborado por: Investigador

La corriente total de consumo del circuito se obtiene de la sumatoria del consumo de corriente de los elementos que forman el circuito completo de la estación Jersey considerando que el consumo de corriente de las señales luminosas no es un valor de consumo constante ya que restan energía de la batería solo cuando estas señales se activan.

Para el consumo de corriente total de la estación Jersey se tiene un estimado de 0.688A, donde se consideró la corriente consultada en el Datasheet de los dispositivos utilizados para el sistema, en la parte práctica se realiza la medición del consumo de corriente del dispositivo completo, teniendo una corriente de consumo de 0.420A y considerando el voltaje que debe entregar la batería para satisfacer la necesidad de las tiras led que es 12 V se optó por utilizar la batería de polímero de litio, siendo la de menor tamaño, siendo la corriente que entrega un factor muy importante, ya que

permite tener mayor número de horas de autonomía, por este motivo para determinar la autonomía de la batería del sistema se usó la corriente de consumo real del dispositivo.

Una rutina de entrenamiento de un ciclista promedio dura de 2 a 3 horas por lo que es necesario una batería que entregue como mínimo 2.1A, en el mercado se tiene la batería Lipo de 3S 2.5A marca Turnigy para lo cual se realizó un análisis de autonomía para determinar el tiempo estimado de duración de la batería con su carga completa, donde se utiliza la fórmula que establece Digkey Electronics donde define el cociente entre la capacidad de la batería en Mili Amperios Hora mA/h y la corriente requerida de consumo multiplicado por un factor de 0.70 que permite tolerancia a factores externos que alteren la vida de la batería en funcionamiento [73]

$$Vida_{Bat} = \frac{Corriente\ Bat[mAh]}{Corriente\ consumo[mAh]} * 0.70$$

$$Vida_{Bat} = \frac{2500mAh}{420mAh} * 0.70$$

$$Vida_{Bat} = 4.16h$$

Se tiene un estimado en la peor de las condiciones de 4.16 horas de autonomía de la batería lo que relativamente abastece para el funcionamiento de la estación Jersey.

a) **Sistema de Iluminación**

El sistema de iluminación es la principal función de la estación Jersey ya que a través de ella se brinda seguridad vial a los ciclistas, para este sistema se empleó la tira Led Flexible SMD 5050 la cual consta de 60 leds por cada metro, los mismos que están divididos en conjuntos de tres teniendo la siguiente distribución por lo que se realiza la interpretación del circuito en la Fig. 19 con el fin de realizar los cálculos de consumo de corriente.

$$V_A = Voltaje\ de\ Alimentacion = 12V$$

$$V_{LED} = \text{Voltaje de Led Azul} = 3V$$

$$R_1, R_2, R_3 = \text{Resistencia} = 33\Omega$$

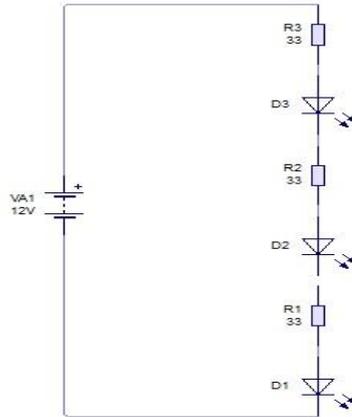


Fig. 19. Circuito Base Tira Led
Elaborado por: Investigador

$$I_R = \frac{V_A - V_{LED}}{R_{Total}}$$

$$I_R = \frac{12V - 9V}{99\Omega}$$

$$I_R = 0.03A$$

Gráficamente la tira led se observa en la Fig. 20 Donde el sistema de iluminación tiene tres señales luminosas con las que indica el cambio de dirección y stop las mismas que están formadas por la unión de varios segmentos para formar las respectivas figuras, cada segmento tiene un consumo de 0.03 A por cada conjunto de tres leds, por lo que para señal de stop se utilizó 12 segmentos y se tiene el siguiente cálculo para determinar el consumo de la señal en cuestión.



Fig. 20. Tira LED SMD 5050.
Elaborado por: Investigador

Señal Stop

$$N_R = \text{Número de Ramas} = 12$$

$$I_T = I_R * N_R$$

$$I_T = 0.03A * 12$$

$$I_T = 0.36A$$

Señal Direccional

$$N_R = \text{Número de Ramas} = 8$$

$$I_T = I_R * N_R$$

$$I_T = 0.03A * 8$$

$$I_T = 0.24A$$

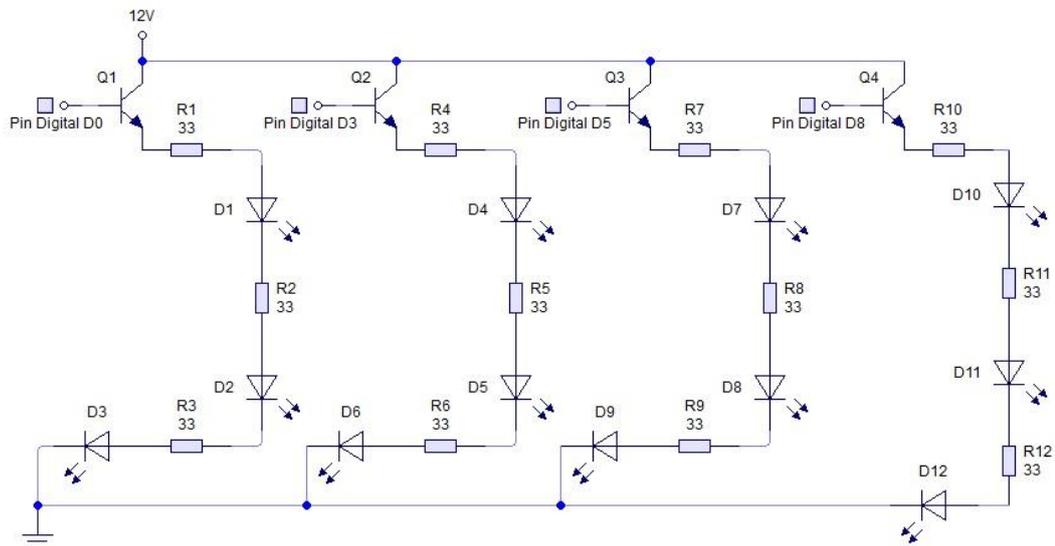


Fig. 21. Esquema Electrónico para la Activación del Sistema de Iluminación
Elaborado por: Investigador

La estación Jersey cuenta con señales luminosas incorporadas en el 70% del espaldar de la prenda de vestir del ciclista, para la activación del sistema de iluminación y de acuerdo con el esquema electrónico que se observa en la Fig. 21 se configura 4 GPIOs del microcontrolador NodeMCU como salidas digitales, una salida por cada segmento de iluminación. Los GPIOs mencionados dependen de la señal procesada del acelerómetro para establecer niveles lógicos con los que se permite el encendido de las señales luminosas, los niveles generados digitalmente son 1 lógico para encendido y 0 lógico para apagado.

Para la activación de las salidas digitales se utilizó el siguiente comando:

`digitalWrite(x,HIGH);`

Para la desactivación de las salidas digitales se utilizó el siguiente comando:

`digitalWrite(x,LOW);`

Donde x indica el número de GPIO seguido de la función que se desea controlar para los diferentes segmentos a encender dependiendo la necesidad del ciclista mientras realiza su periodo de entrenamiento.

b) Parametrización y Adquisición de Señales Fisiológicas para el Jersey

El proceso de parametrización y adquisición de señal se realiza para cada uno de los sensores que adquieren un valor de las variables fisiológicas, permitiendo determinar la fidelidad del sistema, donde se utilizan tres sensores por lo que es necesario acondicionar cada una de las señales con la finalidad de amplificar, linealizar o realizar conversiones si el caso lo requiere, para obtener una salida adecuada, motivo por el cual se presenta el análisis y el procedimiento para cada una de las señales.

Temperatura Sensor DS18B20

El DS18B20 es un sensor digital que mide temperatura, gracias a esta característica permite recibir información a través de un solo cable ya que trabaja con el protocolo oneWire, este sensor se lo encuentra en diferentes versiones de encapsulado dependiendo la aplicación que se desea dar, en el caso del sistema de monitoreo de señales fisiológicas en ciclistas se utiliza el encapsulado To-92, mismo que se observa en la Fig. 22 donde se puede apreciar los tres encapsulados disponibles del sensor.

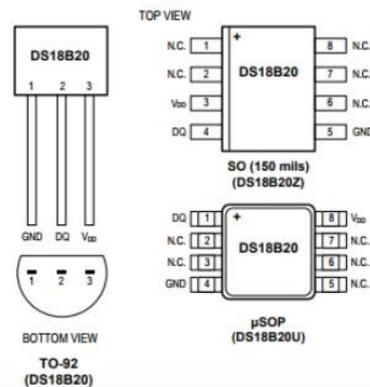


Fig. 22. Encapsulado Sensor DS18B20

El sensor DS18B20 cuenta con tres pines para su funcionamiento como son Vcc Vo y GND, por lo que no tiene la necesidad de ningún acoplamiento adicional para obtener la información que se busca monitorear y es proporcionada de la medición con el sensor, se recomienda utilizar una resistencia de 4.7 k Ω entre los pines Vcc y Vo con el fin de eliminar impedancias parasitas garantizando que la información obtenida no tenga presencia de ruido en consecuencia se precisa la fiabilidad del sensor como se observa en la Fig. 23, luego de verificar que el sensor se encuentra funcionando en perfectas condiciones y transmitiendo información a través de su pin Vo se realiza el proceso de compensación ya que la temperatura corporal varía en función del lugar que se tome la medición.

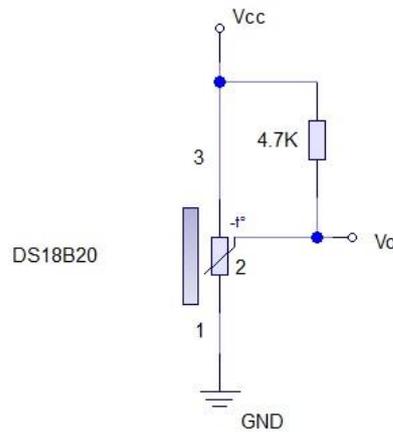


Fig. 23. Acondicionamiento Sensor DS18B20
Elaborado por: Investigador

Para el diseño del prototipo del sistema de monitoreo, se coloca el sensor en la parte interna de la muñeca del ciclista, con el fin de determinar la temperatura corporal del deportista por lo que se realiza un análisis en función de los datos obtenidos por el sensor empleado y un termómetro digital con la finalidad de obtener un valor de compensación debido a la ubicación del sensor DS18B20, se utilizó un termómetro de marca Beurer mismo que estima la temperatura axilar en un lapso de tiempo de 30 seg, siendo este tiempo el mismo que se utiliza para obtener la temperatura con el sensor DS18B20, para este proceso se realizó la toma de 30 muestras de temperatura las que se observa en

Tabla. 24 donde se determina la diferencia y el promedio de los valores medidos, tanto con el sensor empleado en el sistema y el termómetro obteniendo un valor de compensación de 4.03°C

Tabla. 24. Muestras de Temperatura corporal.

TEMPERATURA CORPORAL			
Nº	Termometro Beurer °C	Sensor DS18B20 °C	Diferencia °C
1	36.05	31.09	4.96
2	36.05	31.15	4.9
3	36.05	31.21	4.84
4	36.05	31.27	4.78
5	36.05	31.34	4.71
6	36.05	31.4	4.65
7	36.05	31.46	4.59
8	36.05	31.59	4.46
9	36.05	31.65	4.4
10	36.05	31.71	4.34
11	36.05	31.77	4.28
12	36.05	31.71	4.34
13	36.05	31.84	4.21
14	36.05	31.9	4.15
15	36.05	31.96	4.09
16	36.05	32.02	4.03
17	36.05	32.09	3.96
18	36.05	32.15	3.9
19	36.05	32.21	3.84
20	36.05	32.28	3.77
21	36.25	32.7	3.55
22	36.25	32.76	3.49
23	36.25	32.83	3.42
24	36.25	32.89	3.36
25	36.25	32.95	3.3
26	36.35	33.01	3.34
27	36.35	33.14	3.21
28	36.35	33.15	3.2
29	36.45	33.14	3.31
30	36.45	32.85	3.5
			4.03

Elaborado por: Investigador

El sensor DS18B20 trabaja mediante pulsos digitales y a través del GPIO permitiendo adquirir el valor de la temperatura, para tener un monitoreo continuo, a través del microcontrolador se procesa la señal ayudado por la librería “DallasTemperature.h” para poder obtener el valor de la temperatura corporal se utilizó los siguientes métodos que permiten obtener el valor en grados centígrados.

A continuación, se envía los pulsos para adquisición de las señales del sensor:

```
sensors.requestTemperatures();
```

El siguiente método convierte los pulsos en valores numéricos correspondientes a la temperatura en grados centígrados, puede incluirse más de un sensor por el mismo GPIO e identificar su señal de acuerdo a su posición vectorial:

```
sensors.getTempCByIndex(0);
```

El valor de temperatura adquirido se almacena en una variable para realizar las respectivas comparaciones dependiendo los rangos establecidos para la activación y generación de alertas

Saturación de Oxígeno en la sangre (SpO2) y Frecuencia Cardíaca

El cuerpo humano cuenta con vasos sanguíneos alrededor de toda su extensión, los mismo que en lugares específico son sumamente delicados y a la vez sensibles a los cambios de presión sanguínea, este fenómeno sucede por el flujo sanguíneo pulsátil en los dedos de la mano, lugar donde los vasos precapilares son los responsables de los cambios en el flujo sanguíneo en cada dedo de la extremidad, donde se tiene que el flujo sanguíneo tiene estricta relación con el pulso cardíaco ya que aquí se originan las contracciones cardíacas, gracias a este fenómeno del cuerpo humano es posible a través de un sensor dedicado a la medición de la pulsioximetría determinar los valores que ayuden a obtener la información de dos variables pulso cardíaco y saturación de oxígeno en la sangre.

Al hablar de Oximetría de pulso hacemos énfasis a la absorción de la luz por parte de la hemoglobina esto quiere decir que existen una variación entre dos estados que son oxigenado y desoxigenado y es precisamente lo que se desea medir ya que esto se

produce por la breve expansión de los vasos sanguíneos a medida que el corazón bombea la sangre a través de ellos.

Cuando hablamos de SpO2 es decir la saturación de oxígeno en la sangre se menciona la Hemoglobina que es una proteína que se encuentra en el torrente sanguíneo, encargada de llevar el oxígeno hacia los tejidos del cuerpo humano por lo que se debe mencionar que la Hemoglobina en el proceso de captar oxígeno se la conoce como la Oxihemoglobina y Desoxihemoglobina cuando se encarga de llevar el CO2 hacia los pulmones para que la misma sea expulsada. La Saturación de Oxígeno en la sangre se expresa con un valor porcentual y describe la estricta relación que existe entre Hb y HbO2 las cuales dependen de la fórmula para obtener el valor en porcentaje de la SpO2

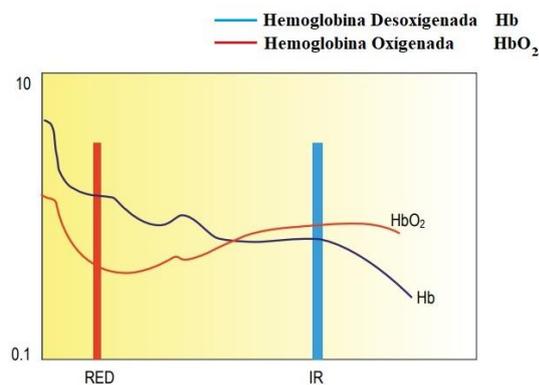


Fig. 24. Absorción de Luz Roja e Infrarroja por la Oxihemoglobina y la Desoxihemoglobina [49]

En la Fig. 24 Se puede observar que la oxihemoglobina HbO₂ absorbe en su mayoría luz infrarroja con un valor de 880nm y la desoxihemoglobina absorbe más luz Roja, obteniendo un valor de 660nm, valores con los que se hace posible cuantificar la SpO₂, el resultado que se interpreta es sumamente confiable ya que excluye el factor movimiento y la afectación del ruido en el sistema.

La medición del nivel de saturación de oxígeno en la sangre presenta varios desafíos ya que es un sistema complejo hablando en términos electrónicos y complementando con dispositivos portátiles más la implementación de tecnología wearable, ya que las señales que se obtienen necesitan un procesamiento óptimo, a la vez que esto implica en uso de circuitos más complejos para el tratamiento de estas señales.

El MAX30100 es una solución integrada para sensores de oximetría de pulso y monitor de frecuencia cardíaca, es un sensor autónomo que integra elementos necesarios para realizar la medición de la SpO2 sin la implementación adicional de módulos externos, este sensor cuenta con la electrónica para derivar la corriente necesaria hacia el Led rojo e IR y el Fotodiodo se encuentran ubicados de forma estratégica para medir la absorción de la Luz, debido a que la oximetría se mide a partir de una señal pulsátil generada por el cuerpo donde se puede determinar la frecuencia cardíaca y la SpO2 al mismo tiempo.

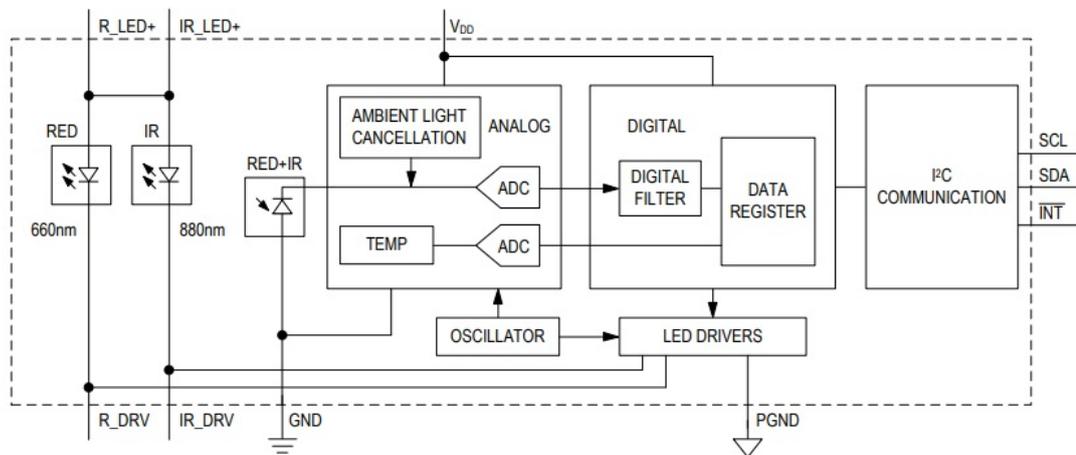


Fig. 25. Diagrama de Funcionamiento Sensor Max 30100 [49]

El sensor Max30100 tiene la capacidad de regular la distancia del censado para así determinar un valor más preciso, por motivo de construcción de la prenda wearable el sitio donde se ubicara el sensor es en el interior de un guante para que tenga contacto directo con la falangeta del dedo índice, gracias a las pequeñas dimensiones del sensor es posible ubicarlo en este lugar sin afectar la movilidad y comodidad del ciclista.

El MAX30100 es un dispositivo muy pequeño de gran rendimiento totalmente configurable a través de registros de software donde los datos de salida digital se almacenan en un formato de 16 bits FIFO que permite ser conectado a un microcontrolador o microprocesador en un bus compartido, donde los datos no se leen de forma continua desde los registros del dispositivo.

En la Fig. 25 se muestra el esquema de funcionamiento, mismo que cuenta con un subproceso que se encarga de cancelar la luz ambiental, la velocidad de datos de salida del ADC se puede programar de 50Hz a 1kHz, incluye también un filtro de tiempo discreto patentado para Rechazar 50Hz / 60Hz de interferencia y baja frecuencia residual ruido ambiental.

El algoritmo de SpO2 es relativamente insensible a la longitud de onda del LED IR, pero la longitud de onda del LED rojo es fundamental para corregir la interpretación de los datos. La corriente del led se puede programar desde 0mA a 50mA con tensión de alimentación adecuada. El ancho de pulso del led se puede programar desde 200µs hasta 1.6ms para optimizar.

El sensor de pulsioximetría puede trabajar con distintos protocolos de comunicación, para el sistema de monitoreo de ciclistas se emplea el protocolo de comunicación I2C permitiendo verificar la entrega de los datos recibidos a través de los pines SDA y SCL que permiten la conexión entre el sensor y el microcontrolador.

Para adquirir las señales del Pulsioxímetro se procede a importar la librería “Max30100.h” con el fin de facilitar el proceso de adquisición obteniendo únicamente los datos requeridos tanto para el nivel de saturación de oxígeno en la sangre como para obtener la frecuencia cardíaca.

Para adquirir la medida de la SpO2 se emplea un método que permite obtener el valor numérico de la contante a monitorear, el método utilizado facilita la ejecución del algoritmo liberando memoria que se aprovecha en el resto de procesos, este método está basado en lenguaje de programación C bajo la IDE de Arduino:

```
pox.getSpO2();
```

Para adquirir la frecuencia cardíaca de igual forma se emplea un método basado en lenguaje de programación C bajo la IDE de Arduino:

```
pox.getHeartRate();
```

Los resultados de estos métodos se almacenan en variables independientes para ser procesadas dentro del microcontrolador con el fin de analizar los rangos y establecer los parámetros para la activación de alertas visuales y si el caso lo requiere generar alertas hacia el terminal receptor.

c) Parametrización y Adquisición de Señales de Posición para la activación de indicadores lumínicos y alertas

El sistema de monitoreo de ciclistas cuenta con un dispositivo que se encarga de la activación del sistema de iluminación, para esta acción se utilizó el sensor MPU-6050, en la Fig. 26 se detalla el esquema de los pines de funcionamiento del sensor mismo que incorpora un acelerómetro y un giroscopio con 3 grados de libertad respectivamente.

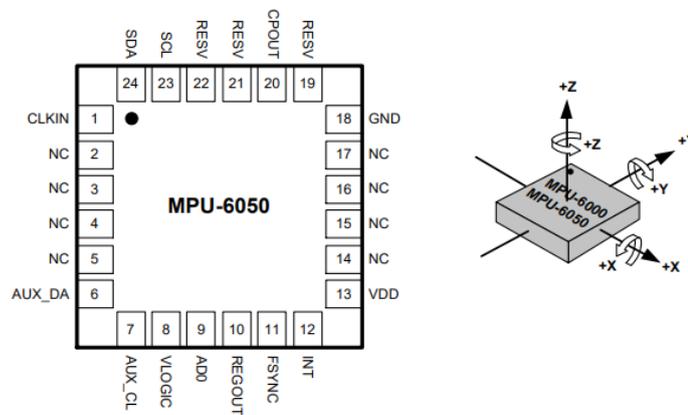


Fig. 26. Sensor MPU-6050 Acelerómetro y Giroscopio [54]

El dispositivo encargado de determinar la posición del brazo de acuerdo a los movimientos es el acelerómetro cuyas señales se adquieren por comunicación I2C la misma que se caracteriza por ser bidireccional basada en la topología de maestro-esclavo, en la que el microcontrolador al cual se encuentra conectado el periférico funcionara como maestro y el sensor de medida inercial hará la función de esclavo y a través de los pines SCL y SDA, en la Fig. 27 se describe la comunicación I2C

SDA: Línea de datos (Serial Data Line).

SCL: Línea de reloj marca los tiempos Lectura y Escritura (Serial Clock Line).

GND: Todos los dispositivos deben de tener masa común.

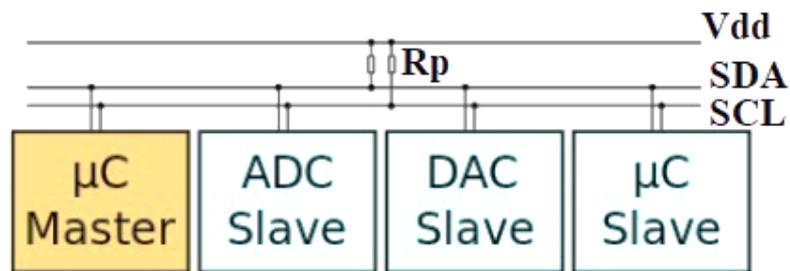


Fig. 27. Esquema de la Comunicación I2C [55]

La configuración de este sensor se realiza en base a registros de memoria dentro del microcontrolador generando métodos de activación para los pines de comunicación y adquisición de señales en dependencia del movimiento que realiza el ciclista a través de su brazo, en la Fig. 28 se detalla las señales manuales respectivas a los cambios de giros y detención en ciclistas



Fig. 28. Señales de Cambios de Giro en Ciclistas
Elaborado por: Investigador

A continuación, se presenta el método final para la adquisición de la unidad de posición en cada eje, que es la división del valor neto adquirido por el valor de escala especificado por el fabricante. La escala es común para los 3 ejes de coordenadas, pero la unidad de lectura de los mismos es la que varía.

Para el eje x:

$acx/accelscafactor;$

Para el eje y:

$acx/accelscafactor;$

Para el eje z:

acx/accelscalefactor;

Una vez Adquiridos los valores de cada eje, se procede a establecer los rangos para activación del sistema lumínico en concordancia con cada segmento a iluminar y la posición del brazo.

d) Sistema de comunicación entre las dos estaciones

Para enlazar los microcontroladores que se ubican tanto en el Jersey como en la estación de bicicleta, se crea un punto de acceso en el jersey que permite, a través de tecnología WI-FI, autenticar usuarios y reconectarlos inmediatamente en caso de desconexión. El microcontrolador ubicado en la estación de bicicleta será el usuario vinculado al Jersey a la espera del intercambio de información, la comunicación se realiza como se detalla en la Fig. 29

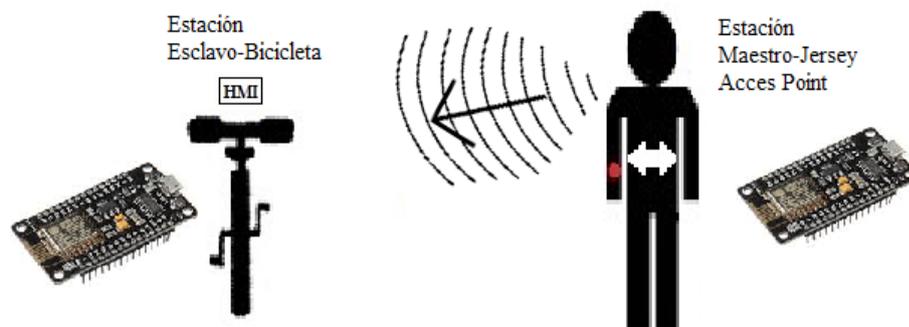


Fig. 29. Diagrama de Comunicación entre la Estación Jersey y la Estación de la Bicicleta
Elaborado por: Investigador

Los fragmentos de código mostrados a continuación establecen el procedimiento para la creación del punto de acceso entre las dos estaciones, siendo la estación Jersey la que permite conectarse a ella a la estación de la Bicicleta como se muestra en la mencionado. En base a las características propias de la placa de desarrollo Nodemcu se importa la librería “ESP8266WiFi.h”, con el fin de aprovechar sus métodos.

Para establecer las condiciones iniciales como el puerto de comunicación, dirección IP y máscara de red se emplea lo siguiente:

```
WiFiServer server(80);  
IPAddress IP(192,168,4,15);  
IPAddress mask = (255, 255, 255, 0);
```

Se establece el modo de operación del terminal, en el presente caso como punto de acceso (AP), además, el identificador y la contraseña dentro de los métodos correspondientes donde se ingresan los parámetros:

```
WiFi.mode(WIFI_AP);  
WiFi.softAP("SSID", "Contraseña");
```

Finalmente se habilita la comunicación continua:

```
server.begin();
```

e) **Transmisión de datos**

Posterior a la adquisición de datos y vinculación inalámbrica, se procede a transmitir dicha información comprimiendo todas las variables y aligerando el sistema de comunicación mediante el uso del formato JSON. Este formato crea un espacio de memoria, ordena los datos dentro de un arreglo o matriz, los disecciona y envía al receptor, facilitando la descomposición y manipulación de la información.

A continuación, se describe el procedimiento para la transmisión de datos

Creación del espacio de memoria o buffer:

```
StaticJsonBuffer<300> nombredelbuffer
```

Creación del objeto o arreglo:

```
JsonObject& nombredelobjeto = jBuffer.createObject();
```

Almacenamiento de variables en el objeto creado para ser transmitido:

```
nombredelobjeto["nombredelavariablatransmitir"] = valordelavariabla;
```

Se puede almacenar y transmitir n cantidad de variables a través del buffer, en concordancia con el espacio de memoria asignado, indistintamente del tipo de dato. Los métodos empleados corresponden a la librería “ArduinoJson.h”, las variables y procesos se establecen en base a los requerimientos del sistema.

A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso completo de funcionamiento de la estación Jersey observar la Fig. 30

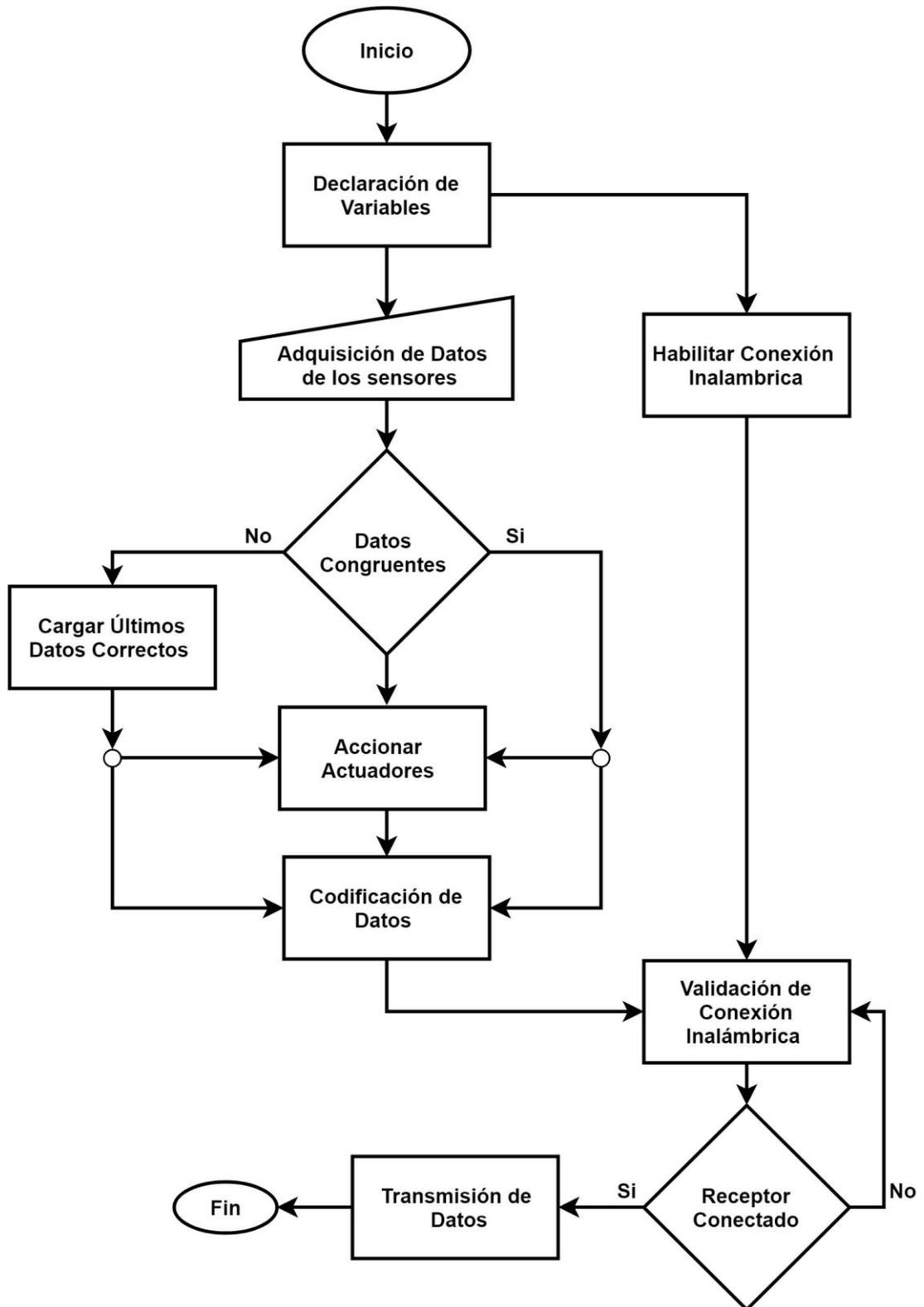


Fig. 30 Proceso de funcionamiento de la estación Jersey
Elaborado por: Investigador

4.5.2 Estación de Bicicleta

El sistema de la estación de bicicleta para la comunicación inalámbrica, visualización de datos, alerta de emergencia y adquisición de pulsos para determinar la velocidad se emplea los dispositivos que pueden ser apreciados en la Fig. 31, donde se detalla además, la interconexión de los mismos.

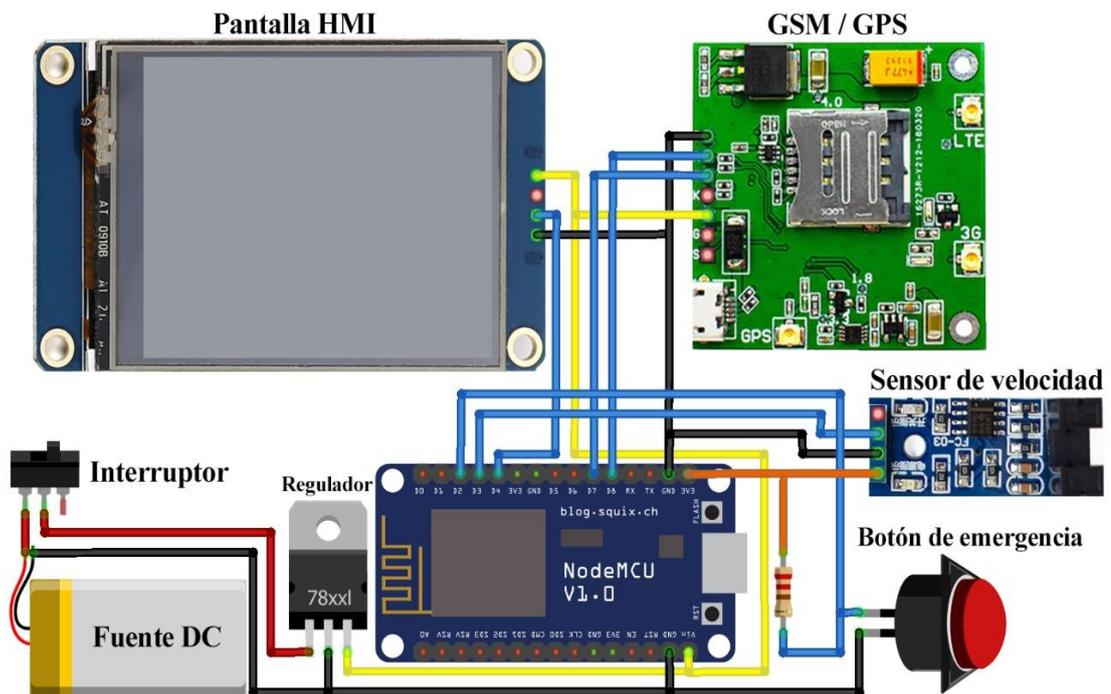


Fig. 31. Circuito Estación Bicicleta
Elaborado por: Investigador

ALIMENTACIÓN DEL CIRCUITO

Para la alimentación de la estación Jersey en la Tabla. 25, se realiza un análisis en base al voltaje y corriente consumido por cada uno de los elementos activos de la estación Jersey con el fin de determinar la fuente de alimentación necesaria para el correcto funcionamiento de todos los componentes instalados en la estación.

Tabla. 25. Consumo de Voltaje y Corriente Estación Jersey

TABLA DE CONSUMO		
Componente	Voltaje	Corriente
Pantalla de la Interfaz HMI	5 V	60 mA
Módulo Sim7100	3.4 – 4.2 V	325 mA
Sensor de Pulsos	3.3 – 5 V	4 mA
Sistema Microcontrolado	5 – 9 V	80 mA

Elaborado por: Investigador

La corriente total de consumo del circuito se obtiene de la sumatoria del consumo de corriente de los elementos que forman el circuito completo de la Estación de Bicicleta, el consumo de corriente total de la Estación de Bicicleta se tiene un estimado de 0.469A, donde se consideró la corriente consultada en el Datashett de los dispositivos utilizados para el sistema, en la parte práctica se realizó la medición del consumo de corriente del dispositivo completo, teniendo una corriente de consumo de 0.280A y considerando el voltaje que debe entregar la batería para satisfacer la necesidad de los elementos que contemplan la estación de la bicicleta es de 5V, se optó por utilizar la batería de polímero de litio, siendo la de menor tamaño considerando la corriente que entrega como factor muy importante, ya que permite tener mayor número de horas de autonomía, por este motivo para determinar la autonomía de la batería del sistema se usó la corriente de consumo real del dispositivo.

Una rutina de entrenamiento de un ciclista promedio dura de 2 a 3 horas por lo que es necesario una batería que entregue como mínimo 2.1A, en el mercado se tiene la batería Lipo de 2S y 1.5A marca Turnigy para lo cual se realiza un análisis de autonomía para determinar el tiempo estimado de duración de la batería con su carga completa, utilizando la fórmula que establece Digikey Electronics donde define el cociente entre la capacidad de la batería en Mili Amperios Hora mA/h y la corriente requerida de consumo multiplicado por un factor de 0.70 que permite tolerancia a factores externos que alteren la vida de la batería en funcionamiento [73]

$$Vida_{Bat} = \frac{Corriente\ Bat[mAh]}{Corriente\ consumo[mAh]} * 0.70$$

$$Vida_{Bat} = \frac{1500mAh}{280mAh} * 0.70$$

$$Vida_{Bat} = 3.75h$$

Se tiene un estimado en la peor de las condiciones de 3.75 horas de autonomía de la batería lo que relativamente abastece para el funcionamiento de la Estación de la Bicicleta

a) Adquisición de Señales Estación de Bicicleta

En la adquisición de señales de la estación de la bicicleta se describe el proceso para obtener las señales que procesa esta estación ya sea para alertas, visualización o georreferenciación.

Sensor de pulsos para obtener la velocidad

El módulo encoder permite obtener la velocidad instantánea de la bicicleta, se conecta con el microcontrolador a través de un pin digital, activando una interrupción por hardware para realizar un conteo de los pulsos que se generan en la rueda, para habilitar la interrupción se emplea el siguiente método, cuyos parámetros son, el pin de interrupción, la rutina o método a ejecutar cuando se active la interrupción y el modo de detección, en el presente caso cuando el pulso pasa de nivel lógico bajo a alto:

```
attachInterrupt(D3, conteo, RISING);
```

El método asociado, genera un auto incremento para el conteo de pulsos que se vayan detectando, los cuales, mediante proceso matemático reflejan la velocidad con la que se desplaza la bicicleta. La fórmula empleada para la conversión, cuyo resultado se almacena en una variable que es transmitida a la pantalla para su visualización, es la siguiente:

```
revoluciones*3.1416 *ruedamm*60/1000000;
```

Las revoluciones se dan en función del tiempo transcurrido, medido con la función `millis()` y el número de muestras que se tome para la detección de pulsos.

Georreferenciación

El módulo para georreferenciación permite obtener las coordenadas geográficas en formato NMEA, se conecta con el microcontrolador a través de comunicación UART y recibe comandos con formato AT para devolver o transmitir la información que se solicite.

Concretamente, para realizar una petición de la localización por GPS, se envía el siguiente comando por puerto serial:

```
Serial.print("AT+CGPSINFO\r\n");
```

La información generada por el GPS, de acuerdo al formato establecido, se descompone en el microcontrolador extrayendo únicamente la latitud y longitud que posteriormente se envía cada cierto tiempo para ser almacenada y en casos de emergencia para ubicar al deportista.

Botón de emergencia

El botón de emergencia, es un adicional que permitirá solicitar auxilio inmediato por parte del deportista sin que el sistema establezca un accidente o cambio en las variables monitoreadas, este botón está conectado directamente al microcontrolador, envía un pulso digital que activa una alerta y es leído por un GPIO, que está configurado electrónicamente como pull up, lo que permite enviar 1 lógico mientras no está pulsado y 0 lógico cuando se pulsa.

Para la lectura de la señal del botón se establece lo siguiente:

```
digitalRead(x);
```

Donde x es el número de GPIO a ser leído, la información principal que contiene la alerta enviada es la ubicación del deportista solicitando extracción inmediata del campo de entrenamiento.

b) Interfaz de Usuario (HMI)

La estación de la bicicleta cuenta con una interfaz para visualizar los valores de las variable monitoreadas, esta interfaz gráfica a la vez es la comunicación que existe entre el prototipo y el deportista, la pantalla utilizada para el prototipo es la NX3224T024 NEXTION 2.4'' la interfaz gráfica para la pantalla se crea y carga previamente bajo el software Nextion Editor en la Fig. 32 se observa la interfaz gráfica del software, para visualizar la información que se recibe, donde se establece variables que permiten adquirir los valores decodificados, vinculándose con el microcontrolador a través de comunicación UART.

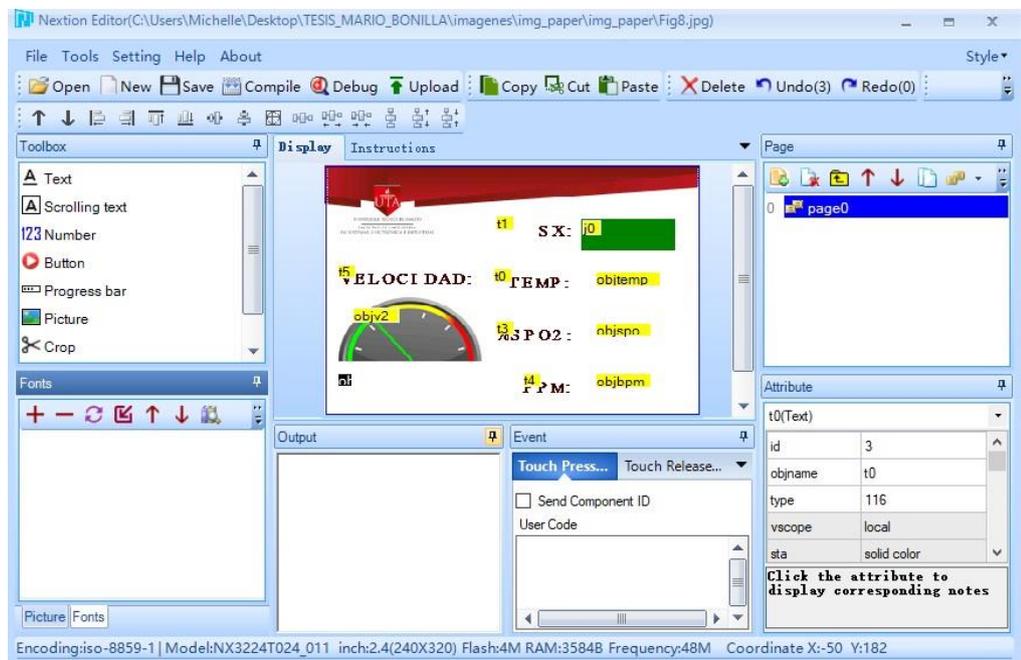


Fig. 32. Software Nextion Editor Interfaz
Elaborado por: Investigador

Además, se requiere especificar los registros o direcciones para la adquisición correcta de datos, para el sistema se creó la siguiente que se observa en la Fig. 33, la interfaz cuenta con cinco indicadores que permiten mantener informado al ciclista de los datos que obtienen los sensores del prototipo, la primera variable que se observa en el display se la denominó SX, se encarga de encender un indicador en color verde que permite informar al ciclista que una señal luminosa está encendida, la segunda variable que se observa en el display, se tiene con el nombre de TEMP la que permite visualizar el valor de la temperatura en tiempo real, la tercera variable que se observa en el display

se la denomino con el nombre de %SPO2 permitiendo indicar el nivel de saturación en la sangre, la cuarta variable que se observa en el display se la denomino con el nombre de PPM y permite visualizar el valor numérico de las pulsaciones por minuto del corazón, la quinta variable que se observa en el display se lo denomino con el nombre de VELOCIDAD, permitiendo visualizar el valor de la velocidad que a su vez grafica este valor en un indicador Gauge de 180 grados.

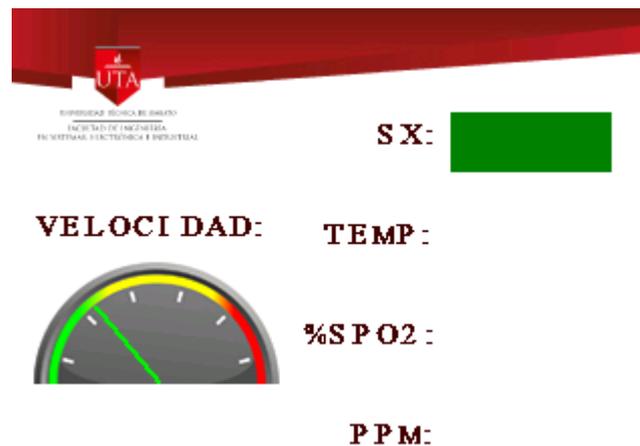


Fig. 33. Interfaz Gráfica Estación Bicicleta
Elaborado por: Investigador

Para transmisión de datos numéricos se establece el nombre de la variable creada en la pantalla, el tipo de dato y el valor del mismo, todo esto de forma secuencial:

```
Serial1.print("objv2.val=");
```

```
Serial1.print(valordelavariabile);
```

```
Serial1.write(0xff);
```

```
Serial1.write(0xff);
```

```
Serial1.write(0xff);
```

Ídem, en el caso de datos tipo string o char:

```
Serial1.print("objspo.txt=");
```

```
Serial1.write(0x22);
```

```
Serial1.print(sp);
```

```
Serial1.write(0x22);
```

```
Serial1.write(0xff);
```

```
Serial1.write(0xff);
```

```
Serial1.write(0xff);\
```

c) Sistema de comunicación

A través de tecnología WI-FI se enlazan los microcontroladores ubicados en ambos extremos del sistema integrado, Jersey y Estación de la Bicicleta para el intercambio de información entre la misma para el almacenamiento de los datos o la activación de alertas entregando las variables alteradas junto con la ubicación del deportista como se ha detallado previamente. En el caso concreto de la estación de bicicleta se realiza la autenticación como usuario o cliente, al punto de acceso principal, para lo cual se establecen algoritmos de forma genérica, como se detalla a continuación, accediendo a los métodos de la librería “ESP8266WiFi.h”

Se establece la dirección IP del punto de acceso:

```
IPAddress server(192,168,4,15);
```

Posteriormente se establece el modo de operación como cliente:

```
WiFi.mode(WIFI_STA);
```

Finalmente, se inicia la comunicación, ingresando el usuario y contraseña establecidos en el punto de acceso, además de la ruta o puerto de comunicación al mismo:

```
WiFi.begin("SSID", "Contraseña");
```

```
client.connect(server, 80);
```

d) Transmisión de datos

Posterior a la vinculación mediante el sistema de comunicación entre ambos microcontroladores, se procede a la decodificación de datos para su respectivo procesamiento. Bajo el mismo medio o formato con el que se envía la información, desde el transmisor o punto de acceso, se lee el buffer asignando el mismo espacio de memoria, a fin de evitar la pérdida de datos. Estos algoritmos se basan de igual manera en la librería “ArduinoJson.h” .

Creación del espacio de memoria o buffer:

```
StaticJsonBuffer<300> nombredelbuffer
```

Creación del objeto o arreglo que almacena las variables recibidas hasta determinar la presencia de un salto de línea o desbordamiento del buffer:

```
JsonObject& principal = jBuffer.parseObject(client.readStringUntil('\n'));
```

Almacenamiento de variables en el objeto creado con la información decodificada, es importante especificar el mismo nombre o identificador de la variable transmitida:

```
nombredelobjeto["nombredelavariabltrasmiteda"];
```

Este último código devuelve el valor, de acuerdo al tipo de variable especificada en el transmisor.

e) **Generación de alertas a través de SMS**

De acuerdo a las condiciones establecidas, si se activa la señal a través del botón de emergencia, o a su vez, alguna de las variables adquiridas por los sensores de las señales fisiológicas rebasa el rango de valores predeterminados, se activa el módulo SIM7100 a fin de adquirir la ubicación y enviar, vía SMS, los valores de las variables analizadas junto con el dato mencionado.

Para configurar el modo texto del módulo y activa el envío y recepción de mensajes se envía los siguientes comandos por puerto serial:

```
Serial.print("AT+CMGF=1\r\n");
```

```
Serial.print("AT+CSCS=\"GSM\"\r\n");
```

Una vez que se haya generado la alerta, se procede a enviar el mensaje especificando el número o contacto de emergencia al que se enviará, el texto o cuerpo del mensaje, y finalmente los caracteres para cerrar la comunicación:

```
Serial.print("AT+CMGS=\"+593xxxxxxxxx\"\r\n");
```

```
delay(1000);
```

```
Serial.print("%:" + sp + ", B:" + bp + ", T:" + te + "
```

```
https://maps.google.com/?q="+elat+" "+elon);
```

```
Serial.print((char)26);
```

```
Serial.print("\r\n");
```

A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso completo de funcionamiento de la estación de la bicicleta observar la Fig. 34

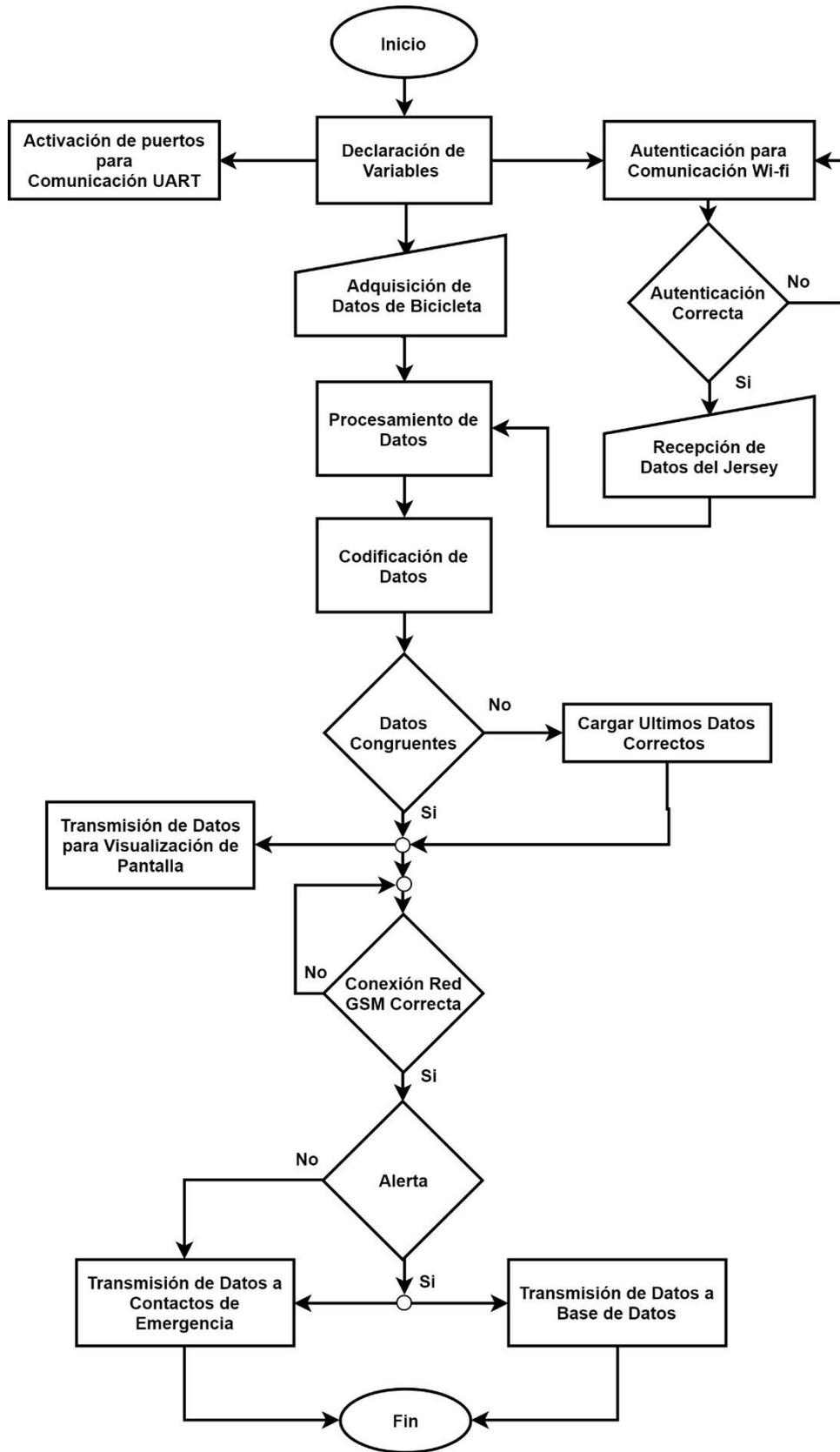


Fig. 34 Proceso de funcionamiento estación de la bicicleta
Elaborado por: Investigador

4.5.3 Terminal Receptor

El sistema del terminal receptor para la adquisición y almacenamiento de datos emplea los dispositivos que pueden ser apreciados en la Fig. 35 donde se detalla además, la interconexión de los mismos.

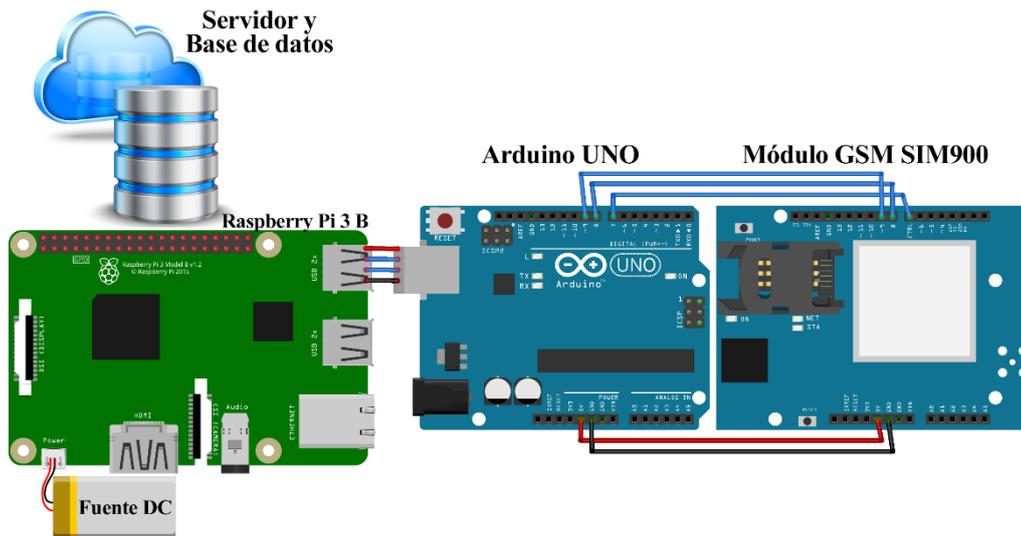


Fig. 35. Terminal Receptor
Elaborado por: Investigador

El terminal receptor, cumple el objetivo de recibir la información generada en el sistema de monitoreo para ciclista, esta información será recibida para ser almacenada y procesada de acuerdo a las necesidades del centro de monitoreo, los datos son recibidos mediante un tiempo preestablecido con anterioridad por el programador, con la finalidad de ubicar al deportista, sin la necesidad de que el mismo haya solicitado extracción de la ruta de entrenamiento o en el peor de los casos sin que el mismo haya sufrido un accidente para haber activado el sistema de alertas autónomo, lo que permite tener un monitoreo continuo del deportista en cuanto a sus signos vitales y su ubicación, para realizar este proceso de almacenamiento de información se creó una base de datos que ayude con la clasificación de los datos recibidos, con la finalidad de hacer uso de los mismo a conveniencia del centro de monitoreo.

a) Desarrollo de la base de datos

En el desarrollo de la base de datos empleada en el sistema de monitoreo de ciclistas, se utilizó dos herramientas indispensables para este fin como son PHP y MySQL estos dos entornos se encargan de distintos aspectos ya que el uno se encarga de administrar la información y el otro se encarga de gestionar enteramente la base de datos.

Servidor apache

El servidor apache es un servidor web, que ayuda a tener acceso a la base de datos, fue instalado sobre el sistema operativo Raspbian de un micro ordenador ya que el prototipo creado hace uso de software y hardware libre, para la instalación es necesario realizar la actualización de Raspberry junto con el sistema operativo, para la acción mencionada de ejecutan los siguientes comandos

```
sudo rpi-update
```

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get upgrade
```

```
sudo apt-get install apache2
```

Luego de realizar la actualización y la instalación del servidor apache se realiza la respectiva verificación dando como resultado el entorno que se observa en la Fig. 36

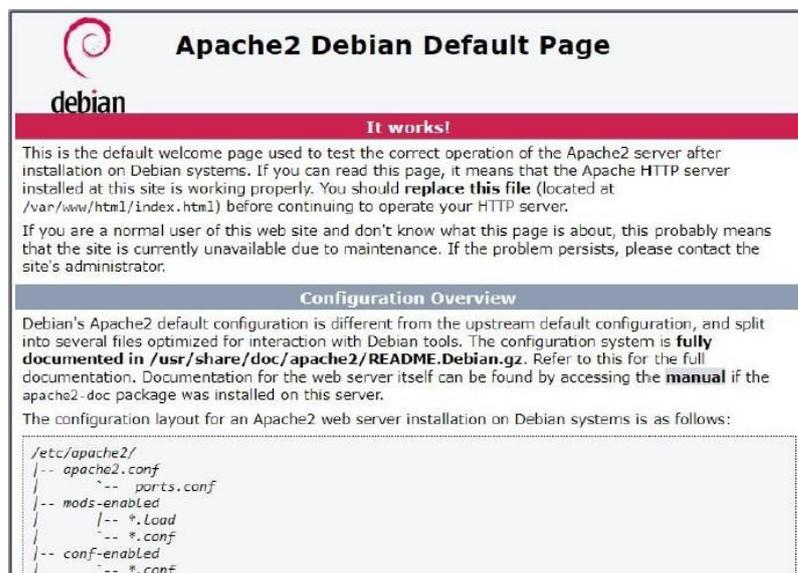


Fig. 36. Interfaz Servidor Apache2
Elaborado por: Investigador

Ya instalado el servidor apache es necesario realizar la instalación del gestor de base de datos MySQL del cual se deriva también MariaDB ambos son de licencia abierta, para lo cual se utiliza los siguientes comandos

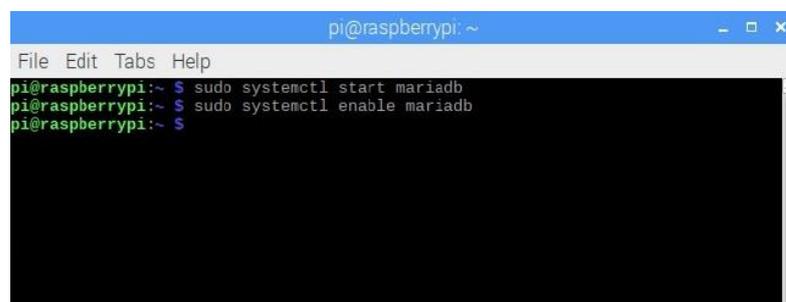
```
sudo apt-get install php5-mysql mysql-server mysql-client
```

Terminada la instalación es necesario iniciar el servicio con los siguientes comandos

```
sudo systemctl start mariadb
```

```
sudo systemctl enable mariadb
```

Posterior al ingreso de los comando se observa la siguiente Fig. 37 si no sucedió ningún error



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ sudo systemctl start mariadb  
pi@raspberrypi:~$ sudo systemctl enable mariadb  
pi@raspberrypi:~$
```

Fig. 37. Resultado correcto de la instalación de MariaDB
Elaborado por: Investigador

Para la fácil administración de una base de datos es necesario el uso de la herramienta PHPMysqlAdmin que permite administrar bases de datos MySQL a partir de un entorno grafico lo que facilita el manejo de la mismas, para concretar el uso de esta herramienta, se suma el uso de un lenguaje de programación a través del cual se sostiene esta plataforma, se conoce como PHP y se utiliza para el desarrollo web, para la instalación de PHP se tienen los siguientes comandos:

```
sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5
```

```
sudo systemctl restart apache2
```

Comando para generar el archivo de verificación de la correcta instalación de PHP

```
sudo nano phpinfo.php
```

Ruta del archivo y nombre correcto de los datos

```
/var/www/html
```

```
<?php
```

```
phpinfo();
```

```
?>
```

Para verificar que PHP se instaló exitosamente se debe ingresar desde el navegador del micro ordenador el siguiente comando localhost/phpinfo.php luego de ello se observa la Fig. 38 dando constancia de la instalación



The image shows the output of the phpinfo() function. At the top, it displays 'PHP Version 7.0.27-0+deb9u1' next to the PHP logo. Below this is a table with system and configuration details.

PHP Version 7.0.27-0+deb9u1	
System	Linux raspberrypi 4.14.43-v7+ #1115 SMP Fri May 25 14:27:48 BST 2018 armv7l
Build Date	Jan 5 2018 13:51:52
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php/7.0/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php/7.0/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php/7.0/apache2/conf.d

Fig. 38. Instalación exitosa de PHP
Elaborado por: Investigador

Como siguiente paso se tiene la instalación de PHPMYAdmin, seguido de la vinculación con el servidor apache para tal acción se tiene los siguientes comandos

```
sudo apt-get install phpmyadmin  
sudo nano /etc /apache2/apache2.conf  
include /etc/phpmyadmin/apache.conf  
sudo systemctl restart apache2
```

de igual forma para verificar la instalación correcta de PHPMYAdmin desde el navegador del micro ordenador, en la barra de direcciones se procede a digitar localhost/phpmyadmin, redireccionando a la siguiente interfaz que se observa en la Fig. 39 [40]



Fig. 39. Instalación exitosa phpMyAdmin
Elaborado por: Investigador

b) Sistema de comunicación inalámbrico y decodificación de SMS

A través de tecnología GSM/GPRS se enlazan los microcontroladores ubicados en ambos extremos del sistema integrado, descrito previamente. En el caso concreto de la estación de bicicleta y el receptor que se vincula con la base de datos, se emplean redes de comunicación celular existentes, para lo cual se establecen algoritmos de forma genérica, como se detalla a continuación.

En el terminal receptor se crea un puerto serial virtual activado por software, mediante el uso de la librería “SoftwareSerial.h” propia de arduino. A diferencia de los puertos seriales propios de hardware que permiten transmisión full dúplex, los puertos virtuales sólo permiten transmisión dúplex, es decir en una sola dirección a la vez. En el presente proyecto, el módulo SIM 900 sólo se encarga de recibir mensajes SMS, y transmitirlos a la placa Arduino UNO. Este tipo de comunicación alámbrica, entre ambas placas, se conoce como UART.

Para la creación del puerto virtual que comunica a las placas mencionadas, se emplea el siguiente algoritmo:

```
SoftwareSerial SIM900(7, 8);
```

Donde se especifica los pines que serán empleados como transmisor y receptor.

Posteriormente se activa el módulo mediante un pulso emitido desde otro pin digital de Arduino:

```
digitalWrite(9, HIGH);
```

```
delay(1000);
```

```
digitalWrite(9, LOW);
```

A continuación se habilita la comunicación UART tanto de hardware como virtual. La comunicación virtual permite la recepción de datos en arduino desde el módulo SIM 900 como ya se ha mencionado y la comunicación por hardware permite transmitir los datos decodificados desde la placa Arduino hacia la placa Raspberry donde se aloja la base de datos que se detalla más adelante.

Los códigos para la habilitación de los puertos descritos, son los siguientes:

```
SIM900.begin(19200);
```

```
Serial.begin(19200);
```

Aquí se establece la velocidad de transmisión de las señales, en baudios, para cada puerto.

Seguidamente se establece un tiempo de espera aproximado de 16 segundos hasta que el módulo se conecte a una red de acuerdo a la SIM que se esté empleando. Luego de este tiempo de espera, se habilita el modo texto y la transmisión de mensajes en el módulo, mediante comandos AT, de acuerdo a los siguientes algoritmos:

```
SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
```

```
delay(1000);
```

```
SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");
```

```
delay(1000)
```

Finalmente, se decodifican los mensajes recibidos verificando si el puerto virtual está disponible o ha recibido algún SMS:

```
if (SIM900.available()){
```

```
    mensaje = SIM900.readString();
```

```
    if(mensaje.indexOf("+CMT:")>=0){
```

```
        ini = mensaje.substring(mensaje.indexOf("%:"),mensaje.length()-1);
```

```
        Serial.println(ini);} }
```

Se busca el mensaje de interés dentro de la cadena de texto recibida, creando una subcadena la cual se transmite finalmente por el puerto de hardware.

c) Almacenamiento de información en la base de datos

Posterior a la decodificación del SMS en Arduino y la creación de la base de datos, se procede a leer el puerto de Arduino en la Raspberry mediante el uso de la librería "pyserial". El código se ha realizado en lenguaje Python versión 3.

El método para detección de puerto es el siguiente:

```
ser1 = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 19200)
```

Donde se indica la dirección del puerto y la velocidad de transmisión de datos.

Para recibir los datos por el puerto establecido:

```
ser=str(ser1.readline())
```

A continuación, se recorre la cadena de caracteres recibida en busca del valor y posición de los datos de cada variable con el fin de separarlas y posicionarlas en la tabla creada en la base de datos:

```
spo = ser[ser.find("%:") + 2: ser.find(",B")];
```

Aquí se buscan los caracteres delimitadores, devolviendo únicamente el valor de la variable requerida.

Posterior a la decodificación de variables, se crea el método para conexión con la base de datos y posicionamiento de la información en la tabla:

```
def baseciclista(spo,bpm,temp,direc):
```

```
conn = pymysql.connect(
```

```
host="localhost", user="nombre de usuario",
```

```
passwd="contraseña", db="nombre de la base de datos")
```

```
mycursor = conn.cursor()
```

```
sql = "INSERT INTO nombredelatabla (Columna1, Columna2, Columna3, Columna)  
VALUES (%s, %s, %s, %s)"
```

```
val = (spo,bpm,temp,direc)
```

```
mycursor.execute(sql, val)
```

```
conn.commit()
```

```
conn.close()
```

Luego de la configuración completa de la base de datos se tiene la Fig. 40 donde se observa las variables almacenadas en la que se detalla la fecha de almacenamiento de cada una de las variables, con sus valores correspondientes a Saturación de oxígeno en la Sangre, Pulsaciones por minuto del corazón, Temperatura corporal y Latitud-Longitud para determinar la ubicación del deportista .

ID	Fecha y hora	Saturación	Pulsaciones	Temperatura	Ubicación
11	2019-06-08 12:25:47	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
10	2019-06-08 12:18:32	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
9	2019-06-08 00:19:18	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
8	2019-06-08 00:18:53	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
7	2019-06-08 00:10:32	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
6	2019-06-08 00:09:43	90	47	36	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
5	2019-06-08 00:08:49	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
4	2019-06-08 00:08:24	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
3	2019-06-08 00:07:36	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410
2	2019-06-08 00:07:11	95	56	35	https://maps.google.com?q=-1.271503,-78.626410

Fig. 40. Base de datos en funcionamiento
Elaborado por: Investigador

4.6 Construcción del Dispositivo

La construcción del prototipo para el sistema de monitoreo se realizó analizando la portabilidad del mismo ya que se requiere que el sistema completo este instalado en la indumentaria habitual del ciclista evitando tener inconvenientes a la hora de desempeñar sus rutinas de ejercicio en la Fig. 41 se observa la estación Jersey, misma que cuenta con el sistema luminoso, adicional los sensores se encuentran instalados en la muñeca del brazo izquierdo del Jersey procurando siempre tener contacto con la humanidad del ciclista.



Fig. 41 Estación Jersey en funcionamiento
Elaborado por: Investigador

En la Fig. 42 se observa la estación de la bicicleta con los datos obtenidos de cada uno de los sensores.

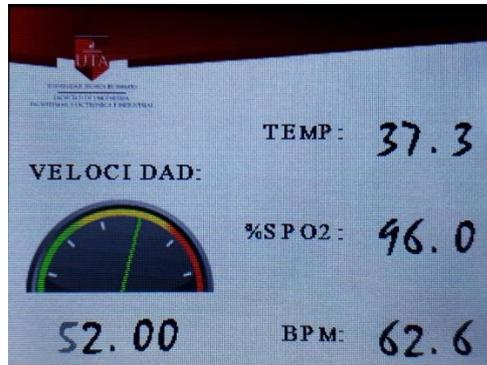


Fig. 42. Estación de la bicicleta en funcionamiento
Elaborado por: Investigador

4.6.3 Circuito Impreso Placa Electrónica

Para los diagramas PCB se utilizó el Software PCB Wizard 3.5 Pro que permite dibujar las pistas de conexión del circuito, en la Fig. 43 se observa el diagrama PCB de la Estación Jersey y en la Fig. 44 se observa el diagrama PCB de la estación de la bicicleta, donde se detalla cada uno de los circuitos implementados en el prototipo, se procuró que los diseños sean sumamente pequeños para evitar que el prototipo reduzca la movilidad y comodidad del usuario.

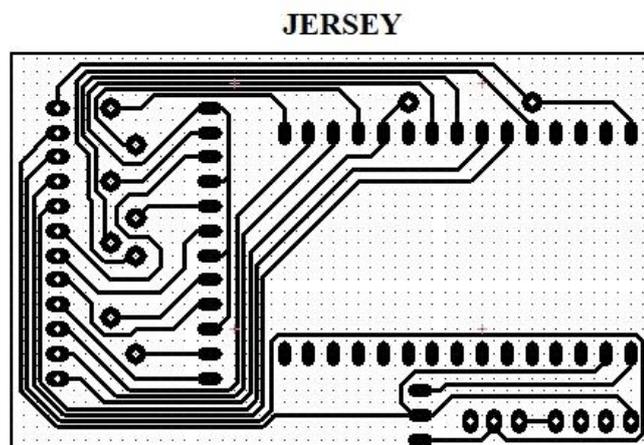


Fig. 43. Circuito impreso estación Jersey
Elaborado por: Investigador

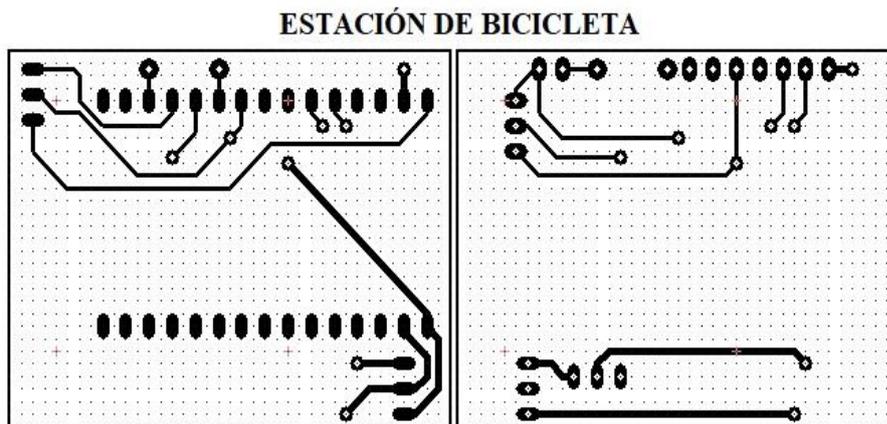


Fig. 44. Circuito impreso estación de la bicicleta
Elaborado por: Investigador

La placa electrónica es el resultado del diseño realizado con los diagramas PCB y esta se la realiza con la técnica del planchado, como procedimiento para realizar esta técnica se tiene lo siguiente:

Diseñar los diagramas PCB los mismo que son impresos en papel Couche, esta impresión necesita ser transferida a una placa de baquelita la cual es necesario ser limpiada con malla metálica fina para sacar cualquier tipo de impurezas luego de limpiar es necesario fijar el diagrama PCB impreso en la placa de baquelita para proceder a transferir calor con la plancha de 10 a 15 minutos muchas veces este tiempo depende del tamaño del circuito.

Luego de haber realizado el proceso de transferencia de calor o planchado se procede a verificar si todas las pistas se unieron al cobre, con el propósito de insertar la placa de baquelita en cloruro férrico mezclado con agua para disolver el cobre innecesario quedando solo el cobre de las pistas, como último paso se tiene volver a limpiar la placa con malla metálica para poder visualizar el resultado final que se observa en la Fig. 45

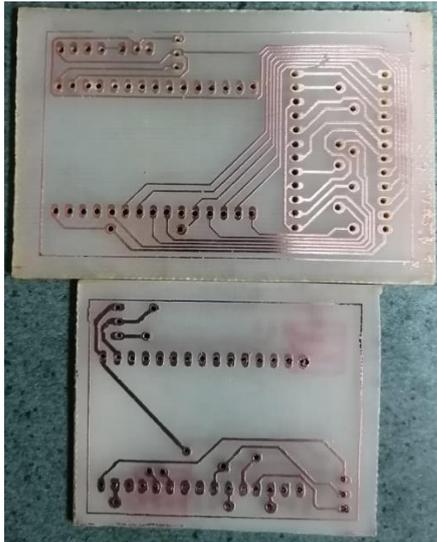


Fig. 45. Placas de Fibra, implementación del prototipo
Elaborado por: Investigador

4.6.4 Pruebas de funcionamiento

Para las pruebas de funcionamiento se realiza la medición con instrumentos utilizados en el campo de la medicina para dar fiabilidad a los datos tomados con el prototipo ratificando el correcto funcionamiento del sistema, las medidas tomadas se observan en la Fig. 46



Fig. 46. Datos medidos con dispositivos médicos
Elaborado por: Investigador

En la Fig. 47 se muestra los datos tomados de la medición realizada con el prototipo, donde se observa la lectura de los sensores del sistema, en el resultado de la medición se tiene datos comparables a los datos tomados con equipos comerciales de esta manera se destaca la confiabilidad del prototipo para el uso en prevención mas no el uso en el ámbito médico.

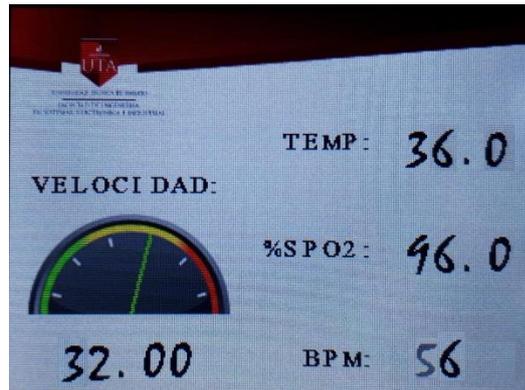


Fig. 47. Datos medidos con el prototipo desarrollado
Elaborado por: Investigador

Por parte del sistema de iluminación se tiene la activación del sistema completo para verificar el correcto funcionamiento de la activación observar la Fig. 48



Fig. 48. Sistema de Iluminación en funcionamiento
Elaborado por: Investigador

4.7 Análisis de Resultados

Al haber concluido con el diseño del prototipo y pruebas de funcionamiento se procede a determinar la fiabilidad, funcionalidad y el beneficio del sistema en comparación con dispositivos comerciales del mercado, por lo que se realiza el cálculo del error para

medidas directas, lo que se desea es calcular un aproximado experimental utilizando métodos estadísticos como el Error Absoluto y el Error Relativo.

Error Absoluto (Ea)

El error absoluto se describe como la diferencia existente entre el valor real x_0 y el valor medido x este valor puede ser negativo o positivo y matemáticamente cumple con lo siguiente

$$e = x_0 - x$$

Donde: x_0 se define como él (Valor Real) tomando el valor del dispositivo comercial y x se tiene como (Valor Prototipo) tomando el valor medido por el sistema creado.

$$\text{Error Absoluto} = \text{Valor Real} - \text{Valor Prototipo}$$

Error Relativo (Er)

El error Relativo se describe como el cociente entre el Error Absoluto (Ea) y el Valor Real matemáticamente se tiene:

$$E = \frac{|e|}{x} * 100$$

Donde: $|e|$ se define como el Error Absoluto (Ea) y x se tiene como (Valor Prototipo) tomando el valor medido por el sistema creado.

$$\text{Error Relativo (Er)} = \left| \frac{\text{Error Absoluto (Ea)}}{\text{Valor Real}} \right| * 100$$

a) Señales Fisiológicas

A continuación se realiza las tablas que corresponden a las variables monitoreadas por el prototipo, este caso son Temperatura Corporal, Saturación de Oxígeno en la Sangre y Frecuencia Cardiaca.

Tabla. 26. Análisis de Resultados, Error Absoluto y Error Relativo Considerando la Temperatura Corporal como Variable

ANÁLISIS DE RESULTADOS ERROR (EA)(ER) TEMPERATURA CORPORAL				
Nº	Valor Real °C	Valor Prototipo °C	Error Absoluto (Ea)	Error Relativo (Er)
1	35.95	35.2	0.75	2.09
2	35.95	35.5	0.45	1.25
3	35.95	35.7	0.25	0.70
4	35.95	36	0.05	0.14
5	36.05	36	0.05	0.14
6	36.05	35.9	0.15	0.42
7	36.05	36.5	0.45	1.25
8	36.05	36.3	0.25	0.69
9	36	36.4	0.4	1.11
10	36	36.4	0.4	1.11
11	36	36.2	0.2	0.56
12	36	36.4	0.4	1.11
13	36	36.1	0.1	0.28
14	36.05	36.2	0.15	0.42
15	36.05	36.4	0.35	0.97
16	36.05	36.5	0.45	1.25
17	36.05	35.7	0.35	0.97
18	36.05	36.4	0.35	0.97
19	36.05	36.5	0.45	1.25
20	36.06	36.5	0.45	1.25
			0.32	0,90

Elaborado por: Investigador

En la Tabla. 26 se realiza el análisis de resultados considerando la Temperatura Corporal como variable a monitorear, donde se obtienen 20 muestras en un deportista que practica ciclismo por lo menos 3 veces por mes se logró determinar que los datos obtenidos con el dispositivo comercial no difieren en gran medida por lo que se considera que el prototipo tiene alta fiabilidad en la muestra de resultados en cuanto a Temperatura Corporal se refiere, permitiendo que exista variación por las condiciones y el lugar donde se realizó la medición, luego de la comparación de resultados se

establece un error absoluto promedio de 0.32%, trabajando con una confiabilidad de 99.10%

Tabla. 27. Análisis de Resultados, Error Absoluto y Error Relativo Considerando la Saturación de Oxígeno en la Sangre como Variable

ANÁLISIS DE RESULTADOS ERROR (EA)(ER) SATURACIÓN DE OXIGENO EN LA SANGRE				
Nº	SpO2 Valor Real %	SpO2 Valor Prototipo %	Error Absoluto (Ea)	Error Relativo (Er)
1	97	97	0	0.00
2	98	97	1	1.02
3	96	96	0	0.00
4	97	98	1	1.03
5	99	99	0	0.00
6	97	96	1	1.03
7	98	97	1	1.02
8	98	98	0	0.00
9	94	95	1	1.06
10	96	96	0	0.00
11	97	97	0	0.00
12	98	96	2	2.04
13	94	95	1	1.06
14	97	98	1	1.03
15	97	97	0	0.00
16	95	96	1	1.05
17	98	98	0	0.00
18	97	96	1	1.03
19	96	96	0	0.00
20	97	98	1	1.03
			0.60	0.62

Elaborado por: Investigador

En la Tabla. 27 se realiza el análisis de resultados considerando el nivel de Oxígeno en la sangre se obtienen 20 muestras en un deportista que practica ciclismo por lo menos 3 veces por mes se logró determinar que los datos obtenidos con el dispositivo comercial no difieren en gran medida por lo que se considera que el prototipo tiene alta fiabilidad en la muestra de resultados en cuanto a SpO2 se refiere considerando

que la toma de muestras con el prototipo se realizó en condiciones de sudoración por la actividad física, permitiendo que exista variación por las condiciones en las que se realizó la medición, luego de la comparación de resultados se establece un error absoluto promedio de 0.60%, trabajando con una confiabilidad de 99.38%

Tabla. 28. Análisis de Resultados, Error Absoluto y Error Relativo Considerando la Frecuencia Cardíaca como Variable

ANÁLISIS DE RESULTADOS ERROR (EA)(ER) FRECUENCIA CARDÍACA				
Nº	Valor Real PPM	Valor Prototipo PPM	Error Absoluto (Ea)	Error Relativo (Er)
1	90	91	1	1.11
2	90	91	1	1.11
3	92	91	1	1.09
4	94	93	1	1.06
5	90	90	0	1.12
6	89	90	1	1.12
7	89	90	1	1.12
8	90	91	1	1.11
9	90	91	1	1.11
10	89	89	0	0.00
11	89	90	1	1.12
12	89	88	1	1.12
13	88	87	1	1.14
14	88	90	2	2.27
15	90	90	0	0.00
16	90	91	1	1.11
17	91	92	1	1.10
18	91	93	2	2.20
19	92	92	0	0.00
20	92	92	0	0.00
			0.85	0.95

Elaborado por: Investigador

En la Tabla. 28 se realiza se realiza el análisis de resultados considerando la frecuencia cardíaca como variable a monitorear donde se obtienen 20 muestras en un deportista que practica ciclismo por lo menos 3 veces por mes se logró determinar que los datos obtenidos con el dispositivo comercial no difieren en gran medida por lo que se

considera que el prototipo tiene alta fiabilidad en la muestra de resultados en cuanto a Frecuencia Cardíaca se refiere, luego de la comparación de resultados se establece un error absoluto promedio de 0.85%, trabajando con una confiabilidad de 99.05% el error que existe puede variar de acuerdo a los condiciones físicas de la toma de muestras ya que es imposible establecer las mismas circunstancias como son el mismo nivel de humedad y posición del sensor

b) Ubicación del Ciclista

Para la ubicación del ciclista lo que se realizó es activar el botón de emergencia con que cuenta el prototipo, acción que permite enviar al terminal receptor y al contacto de emergencia la ubicación exacta del deportista que está haciendo uso del Sistema de monitoreo, resultado de esta prueba tenemos la ubicación que se observa en la *Fig. 49*, para corroborar la información recibida se optó por utilizar la aplicación Google Maps donde se debe verificar la misma ubicación que fue enviada por el prototipo observar la *Fig. 50* que muestra el mismo resultado.

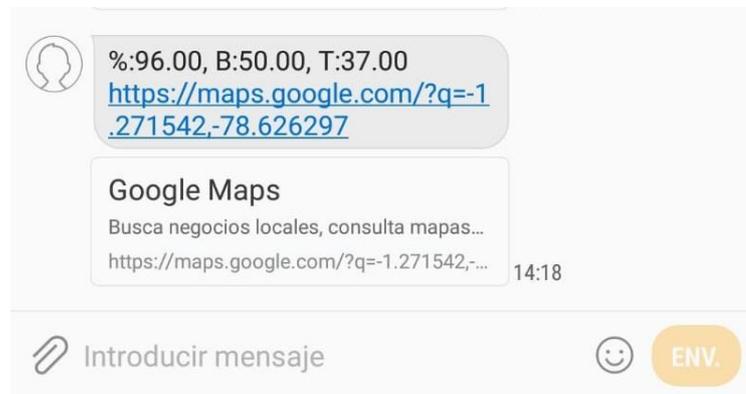


Fig. 49. Ubicación y Datos enviados por el Prototipo en funcionamiento
Elaborado por: Investigador

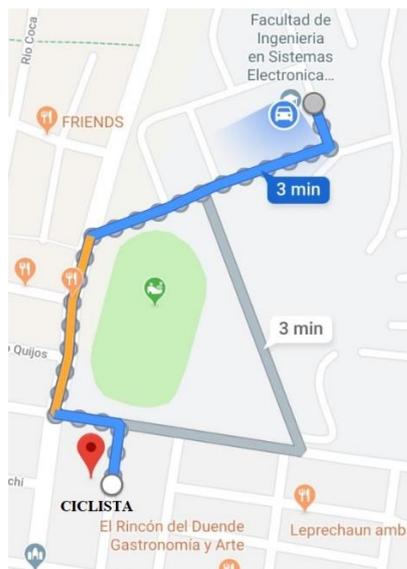


Fig. 50. Ubicación utilizando una Pc para verificar ubicación enviada por el prototipo
Elaborado por: Investigador

c) Tiempos de respuesta de recepción de mensajes de alerta

Tabla. 29. Análisis de tiempos de respuesta de la estación de bicicleta hacia el servidor

TIEMPO PROMEDIO PARA ENVIAR ALERTAS DESDE LA ESTACIÓN AL SERVIDOR			
Día	Tiempo Mínimo (mseg)	Tiempo Medio (mseg)	Tiempo Máximo (mseg)
1	606	834	967
2	154	646	899
3	567	669	1229
4	241	722	1307
5	229	437	786
6	291	813	1097
7	249	529	1072
8	201	629	1309
9	396	607	846
10	306	757	1083
11	389	558	690
12	554	774	983
13	421	870	959
14	649	841	1027
15	532	632	998

Elaborado por: Investigador

El tiempo transcurrido desde el momento en que el mensaje llega al servidor para ser almacenada la información recibida se analiza en la Tabla. 29, donde se observa que el tiempo máximo de las pruebas realizadas es de 1,31 segundos, el tiempo mínimo es de 154 milisegundos y el tiempo promedio de todas las alertas generadas es de 687 milisegundos.

Tabla. 30. Análisis de los tiempos de respuesta de la estación de bicicleta hacia el contacto de emergencia

TIEMPOS DE RESPUESTA PARA ENVIAR ALERTAS AL CONTACTO DE EMERGENCIA			
Día	Tiempo Mínimo (mseg)	Tiempo Medio (mseg)	Tiempo Máximo (mseg)
1	173	315	478
2	602	787	1039
3	369	539	645
4	156	366	698
5	289	461	582
6	277	590	881
7	137	258	354
8	372	415	918
9	562	777	982
10	681	798	1072
11	475	727	927
12	463	851	1040
13	220	375	689
14	502	779	986
15	306	412	678

Elaborado por: Investigador

En la Tabla. 30 muestran los tiempos de respuesta que tomará el sistema para enviar alertas desde la estación de bicicletas al contacto de emergencia. El tiempo máximo que tarda la estación de bicicleta en enviar el mensaje de alerta, luego de haber realizado las pruebas se tiene 1.07 segundos, el tiempo mínimo es de 137 milisegundos y el tiempo promedio de todas las alertas generadas es de 563 milisegundos.

4.8 PRESUPUESTO

El presupuesto para el desarrollo del prototipo de la propuesta planteada, abarca todos los recursos requeridos como material de oficina, servicios y elementos propios del sistema de control de calidad en lo que respecta a construcción y diseño. Para determinar el costo de diseño se considera el tiempo invertido en el mismo analizando el salario de un ingeniero en Electrónica y Comunicaciones establecido por el Ministerio de Trabajo en 858 dólares mensuales [74], considerando los 20 días laborables del mes y las 8 horas diarias establecidas en Ecuador se establece lo siguiente.

$$\begin{aligned} \text{Salario}_{\text{Diario}} &= \frac{\text{Salario}_{\text{mensual_IngE}}}{\text{Días}_{\text{Laborables}}} \\ \text{Salario}_{\text{Diario}} &= \frac{858}{20} \\ \text{Salario}_{\text{Diario}} &= 42.9 \end{aligned}$$

Es conocido que en Ecuador el día laborable tiene 8 horas por lo que se determina el valor por hora para conocer el costo del proyecto.

$$\begin{aligned} \text{Salario}_{\text{Hora}} &= \frac{\text{Salario}_{\text{Diario}}}{\text{Horas}_{\text{Laborables}}} \\ \text{Salario}_{\text{Diario}} &= \frac{42.9}{8} \\ \text{Salario}_{\text{Diario}} &= 5,36 \end{aligned}$$

En la Tabla. 31 se muestra el costo de diseño del proyecto

Tabla. 31. Costo de Diseño del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas

DISEÑO DEL PROTOTIPO					
Ítem	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total \$
1	Tiempo Dedicado al diseño del Prototipo	70	Hora	5,36	375,20
Costo Total del Diseño					375,20

Elaborado por: Investigador

En la Tabla. 32 se detalla el costo de todos los materiales y demás insumos empleados para la elaboración del prototipo.

Tabla. 32. Costo de Materiales del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas

DISEÑO DEL PROTOTIPO					
Ítem	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Transistores 2N2222A	4	c/u	0,35	1,40
2	Sensor de Temperatura DS18B20	2	c/u	2,00	4,00
3	Giroscopio módulo MPU 6050	1	c/u	4,00	4,00
4	Pulsioxímetro modulo Max 30100	2	c/u	15,00	30,00
5	Pantalla Nextion 2,4" NX3224T024	1	c/u	25,00	25,00
6	Nodemcu ESP 8266	2	c/u	12,00	24,00
7	Encoder FC-03	1	c/u	2,50	2,50
8	Módulo Sim7100 LTE GPS/GPRS	1	c/u	50,00	50,00
9	Raspberry PI 3 Modelo B	1	c/u	55,9	55,9
10	Cargador 5V 3A para Raspberry	1	c/u	10,00	10,00
11	Disipadores de calor para drivers Raspberry	2	c/u	0,80	1,60
12	Teclado, mouse Inalámbrico	1	c/u	20,00	20,00
13	PCB fibra de vidrio 10x10 cm	1	c/u	3,00	3,00
14	Fundas de acido	2	c/u	0,60	0,60
15	Tira leds 5m SMD5050	5	c/u	5,00	25,00
16	Estaño 100 gr 0,8 mm	1	c/u	4,60	4,60
17	Regleta espadines hembra 40 pines	1	c/u	0,60	0,60
18	Impresiones en papel Couché	2	c/u	0,3	0,60
19	Impresiones en papel bond A4	400	c/u	0,05	20,00
20	Internet	12	mes	5,00	60,00
21	Plástico Transparente	1	Metro	1,00	1,00
22	Impresión 3D	1	c/u	50,00	50,00
Costo Total del Diseño					536,00

Elaborado por: Investigador

Finalmente en la Tabla. 33 se muestra el costo total del proyecto con la suma de los dos valores principales Costo de Diseño Y costo de Materiales.

Tabla. 33. Costo total del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas

PRESUPUESTO EMPLEADO EN EL PROTOTIPO					
Ítem	Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total \$
1	Costo total del Diseño	1	c/u	375,20	375,20
2	Costo total de elementos	1	c/u	536,00	536,00
Costo Total del Diseño					911,20

Elaborado por: Investigador

Se define el costo final del Sistema Autónomo de Monitoreo de Señales Fisiológicas con Gestión de Emergencias para Seguridad Vial de Ciclistas Amateur en 911,20 dólares, este costo puede reducirse si se realiza una producción mayor, considerando que la obtención de materiales se reduce en gran medida por adquisición al por mayor.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Luego de haber concluido el presente trabajo de investigación se concluye con lo siguiente:

- Se determinó que uno de los factores fundamentales en las causas de accidentes de tránsito que involucran ciclistas es la falta de indicadores viales que permitan proveer el accionar de los mismos, considerando la colisión por alcance entre las más frecuentes en las vías del país
- Se concluye que debido a las condiciones a las que se exponen los ciclistas amateur sus condiciones fisiológicas tienden a alcanzar límites que la persona en cuestión desconoce mientras realiza la actividad por lo cual es fundamental realizar un monitoreo continuo de sus señales vitales
- Tal como se demostró al observar, la implementación del dispositivo conlleva una inversión mínima en relación costo beneficio considerando que se emplea elementos de bajo costo y sobre todo asequibles siendo estos de hardware y software libre
- Así mismo el manejo del prototipo es simple y no necesita instrucciones complejas por lo que puede emplearse por cualquier usuario que incluso no este considerado dentro del ciclismo amateur además que el sistema implementado no tiene repercusiones en la movilidad del usuario

5.2 RECOMENDACIONES

- En el caso de la adquisición de la temperatura corporal se recomienda realizar la compensación ya que de acuerdo al lugar donde se toma la medición, esta varía en gran medida, por lo que es necesario tomar varias muestras para que el valor de compensación sea más exacto y nos brinde un valor real ajustado a la temperatura corporal tomado en un sitio común del cuerpo como la temperatura axilar.
- Para el sensor de pulsioximetría se requiere que esté fuera del alcance de la luz y lo más cerca del punto de contacto donde se realiza la medición para obtener un valor real considerando que de este sensor dependen dos variables importantes del sistema por lo que es necesario aislar el sensor de la luz ambiental.
- Debido a que se está trabajando con un sistema electrónico portable, es necesario aislar de la humedad los sensores que se utilizan para la toma de datos y a la vez el sistema electrónico principal de las dos estaciones ya que es un sistema que va a trabajar en la intemperie y con la presencia de sudor de los deportistas.

Bibliografía

- [1] J. Gehl, “CIUDADES PARA LA GENTE,” *Onu Habitat*, pp. 5–8, 2014.
- [2] N. Pinto, “LA SITUACIÓN DE LA BICICLETA EN ECUADOR,” 2015.
- [3] L. Andrango and D. Armando, “LA PRÁCTICA DEL CICLISMO Y SU INFLUENCIA EN LA FORMACIÓN INTEGRAL DE LOS DEPORTISTAS DE 13-14 AÑOS DE LA PARROQUIA NATABUELA CANTÓN ANTONIO ANTE EN EL PERIODO 2015-2016,” Universidad técnica del norte, 2016.
- [4] Eduardo Escobar, “EN EL MUNDO EL 5% DE MUERTOS EN ACCIDENTES DE TRANSITO SON CICLISTAS,” *El Telégrafo*, 2014. [Online]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/13/en-el-mundo-el-5-de-muertos-en-accidentes-de-transito-son-ciclistas>.
- [5] Asamblea Mundial de la Salud, “PREVENCIÓN DE LA VIOLENCIA Y LOS TRAUMATISMOS,” 2015. [Online]. Available: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/es/.
- [6] R. G. Garza, L. U. B. Alvarez, P. I. C. Mendoza, and J. D. Romero, “MONITOREO DE VARIABLES EN EL DESEMPEÑO DEPORTIVO DEL CICLISTA,” vol. 5, no. c, 2001.
- [7] A. E. Davila Miranda and B. P. Torres Merino, “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN CHALECO INTELIGENTE PARA SEGURIDAD VIAL MEDIANTE COMPUTACION PORTATIL,” ESPE, 2014.
- [8] J. Garcia, “SISTEMA DE CENSADO Y PERCEPCIÓN NO INVASIVA DEL ENTORNO, DISEÑADO PARA CICLISTAS Y MOTOCICLISTAS,” Instituto Politécnico Nacional, 2015.
- [9] D. Real and R. Rivas, “CHALECO PROTECTOR PARA CICLISTAS NOCTURNOS,” *LA Gaceta UNAM*, 2015. [Online]. Available: <http://www.gaceta.unam.mx/20150511/chaleco-protector-para-ciclistas-nocturnos/>.
- [10] M. Gartor, “EL SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS BICQUITO COMO ALTERNATIVA DE MOVILIDAD SUSTENTABLE,” pp. 249–263, 2015.
- [11] SPPAD, “LA BICICLET COMO MEDIO DE TRANSPORTE,” 2018. [Online]. Available: <http://www.protecciontransito.gob.ec/servicios/la->

bicicleta-como-medio-de-transporte-recomendaciones-de-seguridad-vial/#.

- [12] X. Haro, “PROPUESTA DE UN DISEÑO DE CICLOVÍA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA,,” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2015.
- [13] Susana Ortega, “SEGURIDAD VIAL,” *LeasePlan*, pp. 1–5, 2016.
- [14] Dv Estela, “LEY ORGANICA DE TRANSPORTE TERRESTRE,” *ANT*, 2018.
- [15] A. Universal, “GUIA PREVENTIVA DEL CICLISTA,” 2017. [Online]. Available: http://www.naturetime.es/ftp/353_20141213093330.pdf.
- [16] A. Lucía, “MALES COMUNES DE LOS CICLISTAS,” 2016. [Online]. Available: https://elpais.com/diario/2016/07/11/deportes/963266425_850215.html.
- [17] J. Vogt and T. Ogawa, “CALOR Y FRIO,” *Encicl. salud y Secur. en el Trab.*, p. 8, 2008.
- [18] J. Bobes, *SIGNOS O CONSTANTES VITALES*. 2016.
- [19] G. Pérez, “SATURACION DE OXIGENO EN LA SANGRE,” *GASOMETRIA*, 2017. [Online]. Available: https://www.gasometria.com/saturacion_de_oxigeno_en_sangre.
- [20] L. A. Ruiz Narváez, “SISTEMA DE TELEMEDICINA PARA MONITOREO CONTINUO DE CONSTANTES VITALES EN LACTANTES MENORES PARA EVITAR EL SÍNDROME DE MUERTE SÚBITA,” Universidad Tecnica de Ambato, 2018.
- [21] D. C. Jiménez Zúñiga, “SISTEMA DE UBICACIÓN Y MONITOREO DE SEÑALES VITALESEN ADULTOS MAYORES Y PERSONAS CON ALZHEIMER,” 2018.
- [22] A. Creus, “SISTEMAS DE CONTROL Y MONITOREO,” pp. 5–8, 2014.
- [23] A. Astarlao Cuellar, *SISTEMAS DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES*. 2008.
- [24] S. M. Huang, C. G. Xie, M. S. Beck, R. Thorn, and D. Snowden, “DESIGN OF SENSOR ELECTRONICS FOR ELECTRICAL CAPACITANCE TOMOGRAPHY,” *IEE Proc. G Circuits, Devices Syst.*, vol. 139, no. 1, p. 83, 2010.
- [25] F. A. Ruiz and R. J. Rico, *GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES*. 2010.

- [26] I. Bernal, “COMUNICACIONES INALÁMBRICAS,” no. October, 2017.
- [27] Eduardo Henriquez, “INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN ELECTRONICA,” pp. 1–14, 2013.
- [28] J. A. Carballar, *WI-FI, LO QUE NECESITA CONOCER*. 2010.
- [29] M. Gonzalez, “MODOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES WIFI,” 2014. [Online]. Available: <http://redestelematicas.com/modos-de-funcionamiento-de-las-redes-wi-fi/>.
- [30] A. Yepez Michelena, “PROPUESTA PARA MEJORAR LA COBERTURA DE LA RED INALÁMBRICA WI-FI EN LOS HOGARES REALIZANDO UN ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS ACTUALES,” PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2016.
- [31] F. Prieto, “GPRS,” pp. 63–81, 2016.
- [32] D. F. Espín Estévez and E. F. Maldonado Tinizaray, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA BASADO EN TRANSMISORES DE CORRIENTE Y TECNOLOGÍA CELULAR,” Escuela Politecnica Nacional, 2008.
- [33] A. C. Hau Moy, “INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA GPRS EN REDES GSM,” 2009.
- [34] L. M. Asqui Paguay and I. M. Lema Hoguein, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COMUNICACIÓN ETHERNET DIDÁCTICA CON PLC’S PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE PROCESOS MODULARES,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2013.
- [35] C. Dominguez, “RNDS SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN,” *AIR-FI*, pp. 1–2, 2014.
- [36] D. F. Pozo Espín, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA DIDÁCTICA PARA MEDIR ÁNGULOS DE INCLINACIÓN USANDO SENSORES INERCIALES COMO ACELERÓMETRO Y GIROSCOPIO,” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2010.
- [37] A. Gutiérrez, “BASES DE DATOS,” p. 36, 2010.
- [38] A. Céspedes, “TIPOS DE SERVIDORES,” *Scribd*, pp. 1–11, 2014.
- [39] IONOS, “SERVIDOR LAMP,” 2017. [Online]. Available:

<https://www.ionos.mx/digitalguide/servidores/know-how/servidor-lamp-la-solucion-para-webs-dinamicas/>.

- [40] Á. P. Fernández Soria, “SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE HUEVOS DE GALLINA MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [41] B. Kernighan and D. Ritchie, *EL LENGUAJE DE PROGRAMACION*, Segunda Ed. Person Educación, 1991.
- [42] M. Arias, *PROGRAMACIÓN WEB CON PHP Y MYSQL*. 2015.
- [43] Á. Coboo, P. Gómez, D. Pérez, and R. Rocha, *PHP Y MYSQL TECNOLOGIAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES WEB*, Diaz de Sa. 2005.
- [44] J. Wallace, *JSON QUICK SYNTAX REFERENCE*, California. 2016.
- [45] R. Blasco Redondo, “ACLIMATACIÓN AL EJERCICIO FÍSICO EN SITUACIONES DE ESTRÉS TÉRMICO,” pp. 621–631, 2012.
- [46] N. Parra Rojas, “RESPUESTA CARDÍACA EN JUGADORES DE FÚTBOL DE TERCERA DIVISIÓN DURANTE PARTIDOS OFICIALES Y ENTRENAMIENTOS,” Universidad de Murcia, 2015.
- [47] R. E. López Estopier, “ESTUDIO DE CÁTODO-LUMINISCENCIA DE MATERIALES DIELECTRICOS CON EXCESO DE SILICIO,” pp. 1–138, 2010.
- [48] V. H. Kohen, “EL USO DE LAS IRS LEDS,” 2012. [Online]. Available: <https://www.iluminet.com/tiras-led/>.
- [49] Maximintegrated, “PULSE OXIMETER AND HEART-RATE SENSOR IC FOR WEARABLE HEALTH,” pp. 1–29, 2014.
- [50] A. Bento, “AN EXPERIMENTAL SURVEY WITH NODEMCU12E+SHIELD WITH TFT NEXTION AND MAX30102 SENSOR,” pp. 1–10, 2018.
- [51] Texas Instrument, “LM35 PRECISION CENTIGRADE TEMPERATURE SENSORS,” 2017.
- [52] Maximintegrated, “DS18B20,” vol. 92, pp. 1–20, 2018.
- [53] O. Electronics, “DHT11 HUMIDITY & TEMPERATURE SENSOR,” 2015. [Online]. Available: <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical->

Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf.

- [54] J. D. Quinche Guerra, “DOTACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOCALIZACIÓN Y MAPEO SIMULTÁNEO INDOOR A UN ROBOT MÓVIL TERRESTRE USANDO SENSORES IMU Y LIDAR SOBRE EL FRAMEWORK ROS,” 2018.
- [55] A. L. Amézquita Brooks, “MODELADO Y CONTROL DE GIROSCOPIO,” INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY CAMPUS ESTADO DE MÉXICO, 2005.
- [56] D. J. Bernal Iñiguez, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA ANÁLISIS ERGONÓMICO DE RIESGO LABORAL DE EXTREMIDADES SUPERIORES,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, 2014.
- [57] H. J. Velasteguí Izurieta, “SISTEMA DE ACTIVACIÓN DE ALERTAS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA PARA EL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE RIESGOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [58] R. Ochoa, “MÓDULO ESP8266 Y SUS APLICACIONES EN EL INTERNET DE LAS COSAS,” *Rev. Ing. Eléctrica Rev. Ing. Eléctrica*, vol. 1, no. 2, pp. 24–36, 2017.
- [59] D. A. Naranjo Moncayo, “SISTEMA ELECTRÓNICO PORTABLE DE MONITOREO CONTINUO DE SEÑALES CARDIACAS MEDIANTE LA TECNOLOGÍA WEARABLES,” UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, 2018.
- [60] H. V. Pérez Lescano, “SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO POR RECONOCIMIENTO DE IRIS PARA EL INGRESO DE PERSONAL A LA EMPRESA ELECTROSERVICIOS QUERUBÍN DE LA CIUDAD DE PUYO Trabajo,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2018.
- [61] S. System, “GPS MODULE DATASHEET,” pp. 0–9, 2010.
- [62] SIMcom, “SIM808_Hardware Design_V1.00,” pp. 1–67, 2019.
- [63] SIMCOM, “SIM7100_series_hardware_design_v1.02,” pp. 1–71, 2018.
- [64] D. V. Chumbi Gerrero, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DEL RESALTO HIDRÁULICO PRODUCIDO EN EL CANAL HIDRODINÁMICO,” Universidad de Cuenca, 2009.

- [65] C. Villagómez, “ESTANDAR GSM,” 2017. [Online]. Available: <https://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>.
- [66] A. Weissberger, “LTE-ADVANCED Y WIMAX 2.0 (IEEE 802.16M),” *IEEE ComSoc*, 2012.
- [67] R. Pi, “RASPBerry PI COMPUTE MODULE (CM1),” vol. 3, no. October, pp. 0–21, 2016.
- [68] G. Coley, “BEAGLEBONE REV A3 SYSTEM REFERENCE MANUAL,” *beagleboard.org, Tech. Rep*, pp. 1–92, 2012.
- [69] R. Velasco, “UDOO x 86 ULTRA,” 2016. [Online]. Available: <https://www.redeszone.net/2016/05/20/udoo-x86-mini-ordenador-10-veces-mas-potente-raspberry-pi-3/>.
- [70] Sim Com, “SIM900 _ AT Command,” pp. 1–229, 2009.
- [71] F. P. Nuñez Nuñez, “SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL ALUMBRADO PÚBLICO MEDIANTE UNA RED DE SENSORES RF,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2017.
- [72] J. L. Calapiña Sánchez, “SISTEMA ELECTRONICO PORTABLE PARA LA MEDICION DEL INDICE DE CONTAMINACION DE SUELOS,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2018.
- [73] E. Digi-Key, “CALCULADOR DE VIDA ÚTIL DE UNA BATERÍA.” [Online]. Available: <https://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-battery-life>.
- [74] M. del Trabajo, “TABLA SECTORIAL 2019,” 2019. [Online]. Available: <http://www.ecuadorlegalonline.com/laboral/tabla-sectorial-2019-ministerio-del-trabajo/>.

Anexos

Anexo A

Código desarrollado del microcontrolador ubicado en el Jersey

El software fue desarrollado bajo lenguaje de programación c en el IDE de Arduino para la adquisición de las señales fisiológicas receptadas por los sensores y la activación de las señales luminosas

```
#include <MAX30100.h>
#include <MAX30100_PulseOximeter.h>
#include <Wire.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define REPORTING_PERIOD_MS 200
PulseOximeter pox;
uint32_t tsLastReport = 0;
volatile boolean heartBeatDetected = false;
void onBeatDetected(){
    heartBeatDetected = true;
}
WiFiServer server(80);
IPAddress IP(192,168,4,15);
IPAddress mask = (255, 255, 255, 0);
#define ONE_WIRE_BUS D4
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
DeviceAddress tempDeviceAddress;
int resolution = 12;
unsigned long lastTempRequest = 0;
int delayInMillis = 0;
float spO2,bpm,centi,b1,s1,Ax,Ay,Az;
// MPU6050 Slave Device Address
const uint8_t MPU6050SlaveAddress = 0x68;
// Select SDA and SCL pins for I2C communication
const uint8_t scl = D6;
const uint8_t sda = D7;
// sensitivity scale factor respective to full scale setting provided in datasheet
const uint16_t AccelScaleFactor = 16384;
const uint16_t GyroScaleFactor = 131;
// MPU6050 few configuration register addresses
const uint8_t MPU6050_REGISTER_SMPLRT_DIV = 0x19;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_USER_CTRL = 0x6A;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_1 = 0x6B;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_2 = 0x6C;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_CONFIG = 0x1A;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_GYRO_CONFIG = 0x1B;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_ACCEL_CONFIG = 0x1C;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_FIFO_EN = 0x23;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_INT_ENABLE = 0x38;
const uint8_t MPU6050_REGISTER_ACCEL_XOUT_H = 0x3B;
```

```

const uint8_t MPU6050_REGISTER_SIGNAL_PATH_RESET = 0x68;
int16_t AccelX, AccelY, AccelZ;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.mode(WIFI_AP);
  WiFi.softAP("Wearable_AP", "Wearable_pass");
  WiFi.softAPConfig(IP, IP, mask);
  server.begin();
  pox.begin();
  if (!pox.begin()) {
    for(;;);
  }
  pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_40_2MA);
  pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
  Wire.begin(sda, scl);
  MPU6050_Init();
  sensors.begin();
  sensors.getAddress(tempDeviceAddress, 0);
  sensors.setResolution(tempDeviceAddress, resolution);
  sensors.setWaitForConversion(false);
  sensors.requestTemperatures();
  delayInMillis = 750 / (1 << (12 - resolution));
  delay(3000);
  lastTempRequest = millis();
}
void loop() {
  Read_RawValue(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_ACCEL_XOUT_H);
  Ax = (double)AccelX/AccelScaleFactor;
  Ay = (double)AccelY/AccelScaleFactor;
  Az = (double)AccelZ/AccelScaleFactor;
  WiFiClient client = server.available();
  pox.update();
  if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
    bpm = pox.getHeartRate();
    spO2 = pox.getSpO2();
    tsLastReport = millis();
  }
  if(bpm==0.00||spO2==0.00){
    bpm=b1;
    spO2=s1;
  }
  if (millis() - lastTempRequest >= delayInMillis){
    sensors.requestTemperatures();
    centi = sensors.getTempCByIndex(0);
    lastTempRequest = millis();
  }
  if (!client) {return;}
  StaticJsonBuffer<300> jBuffer; //tamaño y nombre del Buffer
  JsonObject& principal = jBuffer.createObject(); //crear objeto en el buffer
  principal["spO2"] = spO2; //crear variable dentro del objeto y asignar un valor
  principal["bpm"] = bpm; //otra variable con otro valor
  principal["Temperatura"] = centi; //otra variable con otro valor
  principal.printTo(client); //almacenar los datos del objeto y transmitir por el puerto de
comunicación

```

```

client.println();
b1=bpm;
s1=spO2;
}
void I2C_Write(uint8_t deviceAddress, uint8_t regAddress, uint8_t data){
Wire.beginTransmission(deviceAddress);
Wire.write(regAddress);
Wire.write(data);
Wire.endTransmission();
}
// read all 14 register
void Read_RawValue(uint8_t deviceAddress, uint8_t regAddress){
Wire.beginTransmission(deviceAddress);
Wire.write(regAddress);
Wire.endTransmission();
Wire.requestFrom(deviceAddress, (uint8_t)14);
AccelX = (((int16_t)Wire.read())<<8 | Wire.read());
AccelY = (((int16_t)Wire.read())<<8 | Wire.read());
AccelZ = (((int16_t)Wire.read())<<8 | Wire.read());
}
//configure MPU6050
void MPU6050_Init(){
delay(150);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_SMPLRT_DIV, 0x07);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_1, 0x01);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_PWR_MGMT_2, 0x00);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_CONFIG, 0x00);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_GYRO_CONFIG, 0x00);//set
+/-250 degree/second full scale
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_ACCEL_CONFIG, 0x00);//
set +/- 2g full scale
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_FIFO_EN, 0x00);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_INT_ENABLE, 0x01);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_SIGNAL_PATH_RESET,
0x00);
I2C_Write(MPU6050SlaveAddress, MPU6050_REGISTER_USER_CTRL, 0x00);
}

```

Anexo B

Código desarrollado del microcontrolador ubicado en la estación de la bicicleta

El software fue desarrollado bajo lenguaje de programación c en el IDE de Arduino para la recepción de datos del Jersey visualización de los mismos en pantalla, adquisición de datos de posicionamiento velocidad de la bicicleta y transmisión del conjunto de esta información a la base de datos o a su vez al contacto de emergencia en casos de alertas

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ArduinoJson.h>
char ssid[] = "Wearable_AP"; // SSID of your AP
char pass[] = "Wearable_pass"; // password of your AP
IPAddress server(192,168,4,15); // IP address of the AP
WiFiClient client;
long bps=115200;
String lat, lon, gps;
String elat="", elon="";
float v,d,v1,d1;
int e, e1;
void setup() {
  Serial1.begin(9600);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  Serial.begin(bps);
  Serial.swap();
  WiFi.begin(ssid, pass); // connects to the WiFi AP
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
  delay(8000);
  Serial.print("AT+CMGF=1\r\n"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
  delay(1000);
  Serial.print("AT+CSCS=\r\n"); //Configura el modo texto para enviar o recibir
  mensajes
  delay(3000);
}
float tem, sp, bpm, vel;
void loop() {
  client.connect(server, 80);
  vel=random(0,90);
  StaticJsonBuffer<300> jBuffer;
  JsonObject& principal = jBuffer.parseObject(client.readStringUntil('\n'));
  sp = principal["spO2"];
  bpm = principal["bpm"];
  tem = principal["Temperatura"];
  Serial1.print("objv2.val="); //variable de la pantalla que se va a modificar
  Serial1.print((int)vel*2);
  Serial1.write(0xff);
  Serial1.write(0xff);
  Serial1.write(0xff);
}
```

```

Serial1.print("objspo.txt="); //variable de la pantalla que se va a modificar
Serial1.write(0x22);
Serial1.print(sp);
Serial1.write(0x22);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
Serial1.print("objbpm.txt="); // variable de la pantalla nextion
Serial1.write(0x22);
Serial1.print(bpm);
Serial1.write(0x22);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
Serial1.print("objvel.txt="); // variable de la pantalla nextion
Serial1.write(0x22);
Serial1.print(vel);
Serial1.write(0x22);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
Serial1.print("objtemp.txt="); // variable de la pantalla nextion
Serial1.write(0x22);
Serial1.print(tem);
Serial1.write(0x22);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
Serial1.write(0xff);
client.flush();
}
void mensajebd(String sp, String bp, String te){
  Serial.print("AT+CGPSINFO\r\n");
  if(Serial.available()){
    gps=Serial.readString();
    if(gps.indexOf(",S,")>=0){
      lat = gps.substring(gps.indexOf("O: ") + 2, gps.indexOf(","));
      lon = gps.substring(gps.indexOf("S,") + 2, gps.indexOf(",W"));
      v=lat.toFloat();
      v1=lon.toFloat();
      e=v/100;
      e1=v1/100;
      d=(((v/100.00)-e)/6.00)*10.00;
      d1=(((v1/100.00)-e1)/6.00)*10.00;
      elat=String(-(e+d), 6);
      elon=String(-(e1+d1), 6);
    }else{
      elat = "0";
      elon = "0";
    }
  }
}
Serial.print("AT+CMGS=\"+593958729272\"\r\n"); //Numero al que vamos a enviar el
mensaje
delay(1000);
Serial.print("%:" + sp + ",B:" + bp + ",T:" + te + ",La:" + elat + ",Lo:" + elon); // Texto del SMS

```

```

Serial.print((char)26); //cerrar comunicaci3n
Serial.print("\r\n"); //finalizar env3o
}
void mensajeaux(String sp, String bp, String te){
Serial.flush();
Serial.print("AT+CGPSINFO\r\n");
if(Serial.available()){
gps=Serial.readString();
if(gps.indexOf(",S,")>=0){
lat = gps.substring(gps.indexOf("O:")+2, gps.indexOf(",")); // Extraer la primera
cadena de caracteres (sin coma)
lon = gps.substring(gps.indexOf("S,")+2, gps.indexOf(",W")); // Extraer la
primera cadena de caracteres (sin coma)
v=lat.toFloat();
v1=lon.toFloat();
e=v/100;
e1=v1/100;
d=(((v/100.00)-e)/6.00)*10.00;
d1=(((v1/100.00)-e1)/6.00)*10.00;
elat=String(-(e+d), 6);
elon=String(-(e1+d1), 6);
}else{
elat = "0";
elon = "0";
}
}
Serial.print("AT+CMGS=\"+593958729272\"\r\n"); //Numero al que vamos a enviar el
mensaje
delay(1000);
Serial.print("%:" +sp+", B:" +bp+", T:" +te+" https://maps.google.com/?q="+elat+", "+elon);
// Texto del SMS
Serial.print((char)26);
Serial.print("\r\n"); // Texto del SMS
}

```

Anexo C

Código desarrollado del microcontrolador ubicado en el Terminal Receptor

El software fue desarrollado bajo lenguaje de programación c en IDE de Arduino activando la comunicación serial entre el modulo receptor y la placa de desarrollo.

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Configura el puerto serial para el SIM900
String mensaje, ini; //Variable para guardar los caracteres que envía el SIM900
void setup(){
  digitalWrite(9, HIGH); // Descomentar para activar la alimentación de la tarjeta por
Software
  delay(1000);
  digitalWrite(9, LOW);
  SIM900.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie para el SIM900
  Serial.begin(19200); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino
  delay(16000); //Tiempo para que encuentre una RED
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
  delay(1000);
  SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); //Configuramos el módulo para que nos muestre
los SMS recibidos por comunicacion serie
  delay(1000);
}
void loop(){
  if (SIM900.available()){
    mensaje = SIM900.readString(); //Guardamos el caracter que llega desde el SIM900
    if(mensaje.indexOf("+CMT:")>=0){
      ini = mensaje.substring(mensaje.indexOf("%:"),mensaje.length()-1);
      Serial.println(ini);
    }
  }
}
```

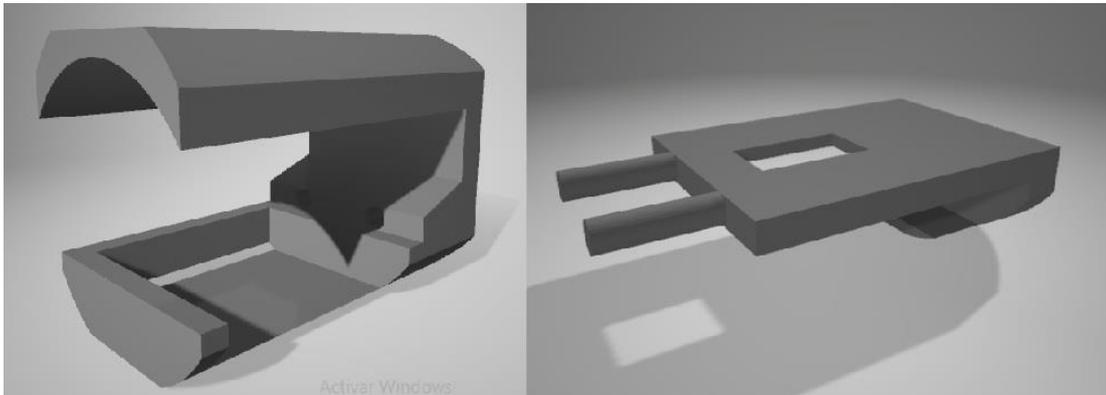
Anexo D

Código desarrollado de la microcomputadora ubicado en el Terminal Receptor

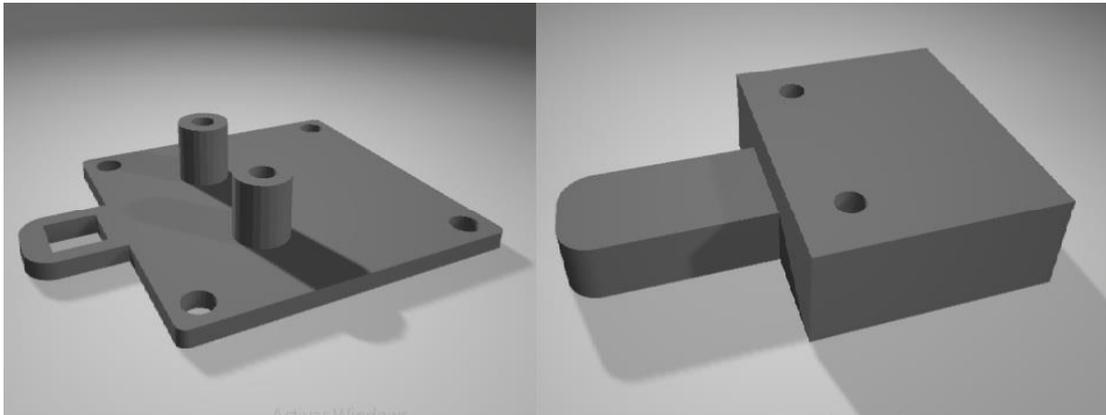
El software fue desarrollado bajo lenguaje de programación c en Python 3.5 impostando el modulo para vinculación con la base de datos y comunicación serial para interconexión con la placa de desarrollo

```
import serial
import pymysql
ser1 = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 19200)
def baseciclista(s,p,t,u):
    conn = pymysql.connect(
        host="localhost", user="root",
        passwd="AFS26", db="bicicleta"
    )
    mycursor = conn.cursor()
    sql = "INSERT INTO vital (Saturación, Pulsaciones, Temperatura, Ubicación) VALUES
(%s, %s, %s, %s)"
    val = (s,p,t,u)
    mycursor.execute(sql, val)
    conn.commit()
    conn.close()
while (1):
    ser=str(ser1.readline())
    spo = ser[ser.find("%")+2: ser.find(",B")];
    bpm = ser[ser.find("B")+2: ser.find(",T")];
    temp = ser[ser.find(",T")+3: ser.find("ht")-2];
    direc = ser[ser.find("ht"): len(ser)-7];
    baseciclista(spo, bpm, temp, direc)
    print(spo+" "+bpm+" "+temp+" "+direc)
```

Anexo D
Estructura Pulsioxímetro



Anexo E
Estructura MPU6050 y DS18B20



Anexo F
Estructura encoder FZ-03

