

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de:

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

#### TRABAJO DE TITULACIÓN

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA CUANTIFICAR EL  
RENDIMIENTO FÍSICO DE FUTBOLISTAS APLICANDO EL MÉTODO AHP  
(PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO).”

Autor:

Jaime Jhonatan Puetate Paredes

Tutor:

Ing. José Luis Jinez Tapia, Mgs.

**Riobamba - Ecuador**

**Año 2021**

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA CUANTIFICAR EL RENDIMIENTO FÍSICO DE FUTBOLISTAS APLICANDO EL MÉTODO AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO).”** presentado por: Jaime Jhonatan Puetate Paredes, dirigido por: Ing. José Luis Jinez Tapia, Mgs.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman.

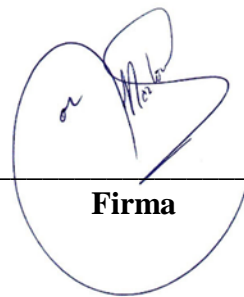
Ing. Carlos Peñafiel. Mgs.  
**Presidente del Tribunal**



---

**Firma**

Dr. Marlon Basantes. PhD.  
**Miembro del Tribunal**



---

**Firma**

Dr. Leonardo Rentería. PhD.  
**Miembro del Tribunal**



---

**Firma**

## DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

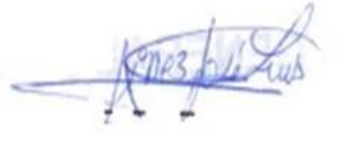
En calidad de tutor del tema de investigación “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA CUANTIFICAR EL RENDIMIENTO FÍSICO DE FUTBOLISTAS APLICANDO EL MÉTODO AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO).” realizado por el Sr. **Jaime Jhonatan Puetate Paredes** para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentada públicamente y evaluada por el jurado examinador que se designe.

Riobamba, Abril 2021

Ing. José Luis Jinez Tapia. Mgs

**C.I. 0602899007**

**TUTOR:**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Luis Jinez Tapia', is written over a horizontal line.

**Firma**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación corresponde exclusivamente a:  
**Jaime Jhonatan Puetate Paredes, Ing. José Luis Jinez Tapia. Mgs** y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JP' with a horizontal line underneath and a small flourish at the end.

Jaime Jhonatan Puetate Paredes

C.I. 0605195452

## **DEDICATORIA**

*La vida es una preparación para el futuro; y la mejor preparación es vivir como si no hubiera uno*

***Albert Einstein***

*Esta tesis está dedicada a Dios quien ha guiado mi camino durante este largo camino institucional.*

*De la misma manera, este trabajo de investigación dedico con gran cariño a mis queridos padres Jaime y Sonia, quienes a base de esfuerzo y sacrificio han forjado mi camino y me han brindado la mejor herencia que uno puede tener.*

*A mis queridos hermanos en especial a Lucía quien ha sabido apoyarme incondicionalmente y más aún en los momentos de dificultades.*

*Así también a mi pequeña hija Jhohanita quien es el motor fundamental en mi vida.*

***Jaime J. Puetate***

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero agradecer con gran cariño a mis padres Jaime y Sonia, quienes mediante su esfuerzo y sacrificio me dieron este regalo tan grande de poder estudiar.*

*A mis hermanos, quienes han estado en los momentos más difíciles en mi vida brindándome día a día su apoyo y su cariño.*

*A William y Lucy quienes a pesar de las dificultades me han apoyado incondicionalmente y han confiado en mí*

*A Cristian y Miriam quienes sin conocerme me brindaron su apoyo para poder culminar mi carrera profesional.*

*Un agradecimiento muy especial a José Jínez, mi Tutor, Docente y Amigo quien ha confiado en mí al realizar este proyecto*

***Jaime J. Puetate***

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. CAPITULO I.....</b>	<b>2</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.2.1. GENERAL.....	3
1.2.2. ESPECÍFICOS.....	3
<b>2. CAPÍTULO II.....</b>	<b>4</b>
2.1. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA.....	4
2.1.1. ANTECEDENTES .....	4
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.2.1. RENDIMIENTO DEPORTIVO.....	5
2.2.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO... 5	
2.2.2.1. Factor o Condición Física.....	5
2.2.2.2. Factor Fisiológico .....	6
2.2.2.3. Entrenamiento Deportivo.....	7
2.2.2.3.1 Proceso del entrenamiento deportivo.....	7
2.2.3. Capacidades físicas en el deporte .....	8
2.2.3.1. Resistencia .....	8
2.2.3.2. Fuerza.....	9
2.2.3.3. Velocidad Media.....	9
2.3. EL FÚTBOL.....	11
2.3.1. Posición de los jugadores.....	11
2.4. FISIOLOGÍA DEL FUTBOLISTA .....	13
2.5. MÉTODO AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO).....	15
2.6. ARDUINO .....	17
2.7. NODE MCU ESP 8266.....	18
2.8. NODE MCU ESP32.....	18
<b>3. CAPÍTULO III.....</b>	<b>19</b>
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	19
3.1.1.1. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA .....	19
3.1.1.2. INVESTIGACION EXPERIMENTAL.....	19
3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	19
3.2.1. METODO DE INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL.....	19
3.3. TÉCNICAS.....	20
3.3.1. OBSERVACIÓN .....	20
3.3.2. INSTRUMENTOS.....	20
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	20
3.4.1. POBLACIÓN.....	20
3.4.2. MUESTRA .....	20

3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	21
3.6.	PROCEDIMIENTOS Y ANALISIS.....	21
3.6.1.	MÓDULO DE MEDICION DEL RITMO CARDIACO.....	22
3.6.2.	MÓDULO DE MEDICION DE LA TEMPERATURA.....	24
3.6.3.	MÓDULO DE MEDICIÓN DISTANCIA/VELOCIDAD/ACELERACION.....	24
3.6.4.	MÓDULO DE MEDICIÓN DE IMPACTOS (CHOQUES).....	25
3.6.5.	BASE DE DATOS.....	26
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>28</b>
4.1.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1.1.	Resultados.....	28
4.1.2.	Resultados Semana 1.....	28
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>57</b>
5.1.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1.1.	CONCLUSIONES.....	57
5.1.2.	RECOMENDACIONES.....	58
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Factores que intervienen el rendimiento deportivo.....	5
Figura 2.	Factor físico, capacidad resultante, cualidades motrices .....	6
Figura 3.	Factores fisiológicos .....	7
Figura 4.	Fases de entrenamiento.....	8
Figura 5.	Desarrollo de la velocidad según la edad.....	10
Figura 6.	Posición de los jugadores.....	12
Figura 7.	Árbol de jerarquía .....	17
Figura 8.	Arduino .....	18
Figura 9.	Wifi esp 8266.....	18
Figura 10.	Node mcu esp32.....	18
Figura 11.	Cliente-servidor esp8266 y esp32.....	22
Figura 12.	Transmisión y recepción de datos del ritmo cardiaco.....	23
Figura 13.	Implementación del módulo ritmo cardiaco y visualización de la señal resultante.....	23
Figura 14.	Diagrama de bloques ritmo cardiaco .....	23
Figura 15.	Diagrama de bloques temperatura .....	24
Figura 16.	Diagrama de bloques gps .....	25
Figura 17.	Diagrama de bloques gps .....	26
Figura 18.	Interfaz base de datos.....	26
Figura 19.	Datos almacenados.....	27
Figura 20.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable distancia en km.....	30
Figura 21.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable velocidad.....	30
Figura 22.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable impactos.....	31
Figura 23.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable frecuencia cardiaca.....	31
Figura 24.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable distancia en km.....	33

Figura 25.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable velocidad.....	34
Figura 26.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable impactos ....	34
Figura 27.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable frecuencia cardiaca.....	34
Figura 28.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable distancia en km.....	36
Figura 29.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable velocidad.....	36
Figura 30.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable impactos.....	37
Figura 31.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable frecuencia cardiaca.....	37
Figura 32.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable distancia en km.....	39
Figura 33.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable velocidad.....	40
Figura 34.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable impactos.....	40
Figura 35.	Histograma con curva normal y diagrama de cajas de la variable frecuencia cardiaca.....	40
Figura 36.	Diagrama de cajas distancia, velocidad, número de impactos y frecuencia cardiaca.....	41
Figura 37.	Análisis de las variables distancia, velocidad, número de impactos y frecuencia cardiaca.....	42
Figura 38.	Análisis de las variables distancia, velocidad, número de impactos y frecuencia cardiaca.....	47
Figura 39.	Distancia semana1-semana2. <i>Fuente: autor.</i> .....	48
Figura 40.	Diagrama individual distancia semana1-semana2.....	48
Figura 41.	Velocidad semana1-semana2.....	49
Figura 42.	Diagrama de intervalos velocidad semana1-semana2 .....	49
Figura 43.	Impactos semana1-semana2.....	50
Figura 44.	Frecuencia cardiaca semana1-semana2 .....	51
Figura 45.	Diagrama de cajas mayor distancia recorrida .....	52
Figura 46.	Velocidades.....	53
Figura 47.	Velocidades.....	54

Figura 48.	Comparación distancia semana 1-semana 2 .....	55
Figura 49.	Comparación velocidad semana 1-semana 2 .....	55
Figura 50.	Comparación frecuencia cardiaca semana 1-semana 2.....	55
Figura 51.	Comparación vo2 max semana 1-semana 2.....	56
Figura 52.	Código de arduino para sensor de ritmo cardiaco.....	62
Figura 53.	Código para el cálculo de distancias y velocidad .....	62
Figura 54.	Código sensor de impactos. ....	63
Figura 55.	Recepción de datos .....	63
Figura 56.	Pruebas sensor de frecuencia cardiaca.....	64
Figura 57.	Lectura del código de frecuencia cardiaca.....	64
Figura 58.	Gps neo 7m .....	64
Figura 59.	Sensor co2.....	65
Figura 60.	Solicitud de datos.....	65
Figura 61.	Almacenamiento de datos.....	66
Figura 62.	Presentación de la interfaz .....	66
Figura 63.	Chaleco final con dispositivos .....	67
Figura 64.	Chaleco final pruebas estadio pascual bison star .....	67
Figura 65.	Xd-58c sensor de pulso cardiaco .....	68
Figura 66.	Sensor de temperatura infrarrojo .....	68
Figura 67.	Sensor mpu 6050-acelerómetro .....	68
Figura 68.	Sensor mq135.....	68
Figura 69.	Gps neo gm .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Velocidades según la posición de juego .....	10
Tabla 2.	Métodos de entrenamiento de la velocidad.....	11
Tabla 3.	Porcentajes de trabajo de fc. A diferentes niveles de intensidad .....	14
Tabla 4.	Operacionalización de variables .....	21
Tabla 5.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 1. ....	28
Tabla 6.	Datos de frecuencia cardiaca .....	29
Tabla 7.	Datos análisis estadístico distancia .....	30
Tabla 8.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 2. ....	32
Tabla 9.	<i>Datos de frecuencia cardiaca participante 2</i> .....	32
Tabla 10.	Datos análisis estadístico distancia .....	33
Tabla 11.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 3. ....	35
Tabla 12.	Datos de frecuencia cardiaca participante 3.....	35
Tabla 13.	Datos análisis estadístico distancia .....	36
Tabla 14.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 4. ....	38
Tabla 15.	Datos de frecuencia cardiaca participante 4.....	38
Tabla 16.	Datos análisis estadístico distancia .....	39
Tabla 17.	Medias obtenidas de las variables distancia, velocidad, num. Imp. Frecuencia cardiaca.....	41
Tabla 18.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 1. ....	43
Tabla 19.	Datos de frecuencia cardiaca .....	43
Tabla 20.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 2. ....	44
Tabla 21.	Datos de frecuencia cardiaca participante 2.....	44
Tabla 22.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 3 .....	45
Tabla 23.	Datos de frecuencia cardiaca participante 3.....	45
Tabla 24.	Datos de distancia, velocidad, impactos participante 4. ....	46
Tabla 25.	Datos de frecuencia cardiaca participante 4.....	46

Tabla 26. Media de datos de las variables: distancia, velocidad, núm. Imp. Y frecuencia cardiaca.....	48
Tabla 27. Impactos semana1-semana2.....	50
Tabla 28. Frecuencia cardiaca semana1-semana2.....	51
Tabla 29. Distancias participantes.....	52
Tabla 30. Velocidades participantes.....	53
Tabla 31. Media de datos semana1 vs semana2.....	54

## **RESUMEN**

Existen personas que desarrollan actividades físicas sin conocer parámetros específicos que interactúan mientras cumplen con su actividad, estos tipos de parámetros pueden ser analizados para conocer el estado físico en la que se encuentran

El presente trabajo de investigación se enfoca en la implementación de un sistema para cuantificar el rendimiento físico de deportistas utilizando el Método AHP (Proceso Analítico Jerárquico), juntamente con jugadores de segunda categoría del equipo STAR CLUB de la ciudad de Riobamba.

El proyecto está estructurado en tres etapas. La primera etapa detalla fundamentos teóricos sobre capacidades físicas, rendimiento deportivo y antecedentes electrónicos. La segunda etapa se basa en la implementación de módulos para la medición de variables como distancia, velocidad, impactos, frecuencia cardiaca, temperatura, mediciones que serán almacenadas en una base de datos. La tercera etapa se enfoca en la valoración de los deportistas, estimación de datos y resultados, para ello se aplicará el método de valoración AHP.

La adquisición de datos se obtuvo a partir de sensores con un bajo consumo de energía y con especificaciones capaces de adaptarse al sistema (tamaño).

Palabras Claves: rendimiento deportivo, método AHP, distancia, velocidad, frecuencia cardiaca.

## **Abstract**

There are people who develop physical activities without knowing specific parameters that interact with they carry out their activity, these types of parameters can be analyzed to know the physical state in which they are.

This Project focuses on the implementation of a system to quantify the physical performance of athletes using the AHP method (hierarchical Analytical process) with the second-rate players from the STAR CLUB team from Riobamba city.

This research is structured in three stage. The first stage details; theoretical foundations in physical abilities, sports performance and electronic background.

The second stage is based on the implementation of modules for the measurement of variables such as distance, speed, impacts, heart rate, temperatura. This mesuraments will be stored in a database.

The third stage focuses on the assesment of athletes, estimation of data and results we Will be apply the AHP method to assesment.

Data adquisition was obtained from sensors with low power consumption and with specifications capable of adapting to the system (size).

Keywords: sports performance, AHP method, distance, speed, heart rate.

Reviewed by:  
Danilo Yèpez Oviedo  
English professor UNACH  
0601574692

## INTRODUCCIÓN

La medicina y el deporte en conjunto con la Electrónica y las Telecomunicaciones han formado un aporte fundamental para el desarrollo físico y fisiológico de los deportistas de alto rendimiento. Mediante estas tres ramas se podrá observar y tratar parámetros relacionados con su actividad, siendo estos de gran importancia como lo son: su ritmo o frecuencia cardiaca temperatura, velocidad media y la distancia recorrida.

Para poder realizar el análisis sobre el rendimiento físico de un grupo determinado de jugadores de futbol, existen métodos cuantitativos y de valoración multicriterio que permiten realizar de manera exhaustiva este proceso, siendo este, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), el mismo que a través de una comparación y mediante variables como: distancia, velocidad, frecuencia cardiaca y VO<sub>2</sub>max, permitirá obtener una valoración de su rendimiento y además conocer su estado físico en el transcurso del entrenamiento, así como en el desempeño de su participación, todo esto dependiendo de los resultados obtenidos. Con la ayuda de este método y de los datos obtenidos, el deportista podrá tomar diferentes hábitos de entrenamiento, de alimentación, capaz que pueda mejorar su rendimiento y estado de salud. (Valencia, 2017)

Este proyecto está enfocado en las aplicaciones de la electrónica y las telecomunicaciones en el deporte, en particular lo relativo al control físico desde el punto de vista de la seguridad y de la mejora del rendimiento del deportista como tal, el mismo que será implementado en un chaleco deportivo, generando y adquiriendo datos, los cuales, serán revisados por parte de un médico deportivo, el mismo que analizará sus resultados para que puedan ser cuantificados.

La aplicación de la electrónica en el deporte, si bien es un poco desconocida, pretende demostrar a muchos profesionales en Electrónica y Telecomunicaciones cuales pueden ser los beneficios y oportunidades que esta brinda, optando como punto claro y muy relevante la electromedicina.

En la actualidad, el deporte en el Ecuador ha ido creciendo y mejorando a diferencia de años pasados, es por eso, que existe centros de alto rendimiento que permite al deportista tener un entrenamiento óptimo, de tal manera que pueda desarrollar con éxitos su desempeño y poder competir a nivel mundial.



## CAPITULO I

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ejercicio físico intenso, las malas condiciones físicas de un deportista, los malos hábitos, puede conllevar que el músculo del corazón trabaje de una manera desequilibrada y de la misma forma no posea un rendimiento adecuado en su desempeño, por ello la mejor manera de tener un control sobre su estado son las revisiones médicas y pruebas de esfuerzo que un deportista debe realizarse de manera periódica. (Pallás Areny, 2017)

En deportes de alto rendimiento como es el futbol existen causas que permiten un declive del jugador, o en casos extremos y malos hábitos del mismo pueden causar daños letales, por tal motivo uno de los primeros estudios exhaustivos de St. George's de la Universidad de Londres indica que una de las consecuencias a estos malos hábitos es la muerte súbita y el paro cardiaco, este estudio evaluó a 11.168 jugadores de futbol, durante 20 años (1996-2016), gracia a sus resultados se dedujo que el 0.38% de los jugadores presentaban irregularidades cardiacas y el 93% no presentaban síntomas. (desfibrilador, 2019)

En el Ecuador se cuenta con proyectos relacionados al ámbito deportivo, pero no existe uno en específico, que ayude al deportista a mejorar su rendimiento físico y observar de forma más cercana sus condiciones fisiológicas, es por eso que mediante sensores electrónicos y con la ayuda de especialistas en el deporte se podrá cumplir con este objetivo.

El proyecto está enfocado en recolectar, almacenar toda la información y procesarla, para determinar las condiciones físicas del deportista y además poder cuantificar su rendimiento en base al modelo metodológico AHP, tal información servirá para un análisis total del futbolista, en este caso el sistema podrá ser utilizado durante su entrenamiento de tal manera que permitirá medir su frecuencia cardiaca, el número de impactos, nivel de oxígeno, la distancia que recorre durante el entrenamiento, así mismo como su velocidad y aceleración. Estas pruebas se las realizará en el lapso de dos semanas no continuas, en las primeras pruebas correspondientes a la semana 1 se analizará el estado actual de los participantes, en la segunda semana se observará si existió diferencia o mejora en comparación a la semana 1.

Todo esto permitirá que exista un control sobre el deportista, tanto físicamente como su estado de salud. Al conocer los datos emitidos, el especialista en deporte cambiara el hábito de entrenamiento, emitiendo sugerencias de que tipos de ejercicios se podrá realizar, con que

intensidad se los realizara, además si el especialista podrá recomendar algún tipo de dieta si el caso lo amerita, todo esto permitirá mejorar su rendimiento físico y evitando que el músculo del corazón sufra algún daño.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. GENERAL.**

- Implementar un sistema para cuantificar el rendimiento físico de futbolistas aplicando el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico).

### **1.2.2. ESPECÍFICOS**

- Implementar un sistema que permita medir la frecuencia cardiaca, la distancia que recorre el deportista durante el entrenamiento, así mismo como la velocidad y aceleración.
- Realizar una base de datos la cual reciba la información emitida por los sensores.
- Monitorear los datos emitidos para saber el estado del deportista y su condición física.
- Cuantificar la información mediante el método AHP, para medir el rendimiento del futbolista.

## CAPÍTULO II

### 2.1. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA

#### 2.1.1. ANTECEDENTES

El crecimiento tecnológico hoy en día cumple un papel muy importante en la vida del ser humano ya que día a día cumple una función muy indispensable, teniendo como objetivo principal solucionar problemas relacionadas con nuestro entorno, así también tratando de facilitar y mejorar nuestro diario vivir.

En la Escuela Superior Politécnica del Ejército se desarrolló una modelización metodológica para la evaluación del rendimiento de un deportista de alto rendimiento, implementando una red inalámbrica de sensores WSN (wireless sensors network) (Taípe Mena, 2017)

La revista mundo electrónico realiza un análisis físico del deportista, de igual manera implementa varios sistemas como: consumo de oxígeno, frecuencia cardiaca, fuerzas y movimientos, demás incluye dos métodos no invasivos para detectar el umbral anaeróbico del deportista (Pallás Areny, 2017)

El trabajo de investigación con el tema Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review, describe el monitoreo en respuesta al ejercicio físico desarrollado por los deportistas, de igual manera la medida de presión y frecuencia cardiaca antes y después de haberse ejercitado. (Saw, Main, & Gastin, 2015)

En la Universidad Politécnica de Valencia se presenta una investigación con una metodología multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process) a la valoración de futbolistas, en el ámbito económico, es decir, el costo de un futbolista al ser transferido de un equipo a otro. (AZNAR & ESTRUCH, 2015)

En la investigación realizada en la Universidad de Málaga con el tema: Factores fisiológicos asociados al rendimiento deportivo, analizan la variabilidad de la frecuencia cardiaca como herramienta de control al proceso de recuperación (Ortigosa Marquez, 2016)

## 2.2. Fundamentación Teórica

### 2.2.1. RENDIMIENTO DEPORTIVO

El rendimiento deportivo es la capacidad que tiene un deportista de poner en marcha todos sus recursos de la mejor manera posible; este término está relacionado con la palabra *performance* teniendo como significado completar, ejecutar o cumplir una acción determinada. Es por esta razón el *performance* de un deportista va de la mano con el rendimiento, así mismo, permite tener la posibilidad de alcanzar el máximo potencial en las diferentes capacidades durante la competición.

### 2.2.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO

El entrenamiento como práctica deportiva permite evaluar el rendimiento de un deportista, para lograr este proceso se debe considerar una serie de factores. En la Figura 1 se presenta la clasificación de los factores que intervienen en el rendimiento deportivo.



Figura 1. Factores que intervienen el rendimiento deportivo

*Fuente: Autor*

Dentro de estos factores, la investigación presente se basará en;

- Factor o Condición física y
- Factor fisiológico.

#### 2.2.2.1. Factor o Condición Física

El factor o Condición física no es más que el “estado físico al que nos encontramos en cada momento”, o también considerado como “la capacidad de realizar un trabajo

diario con mucha energía y efectividad, de manera que se retarde la aparición de fatiga y prevenir lesiones”.

Para poder distinguir si el cuerpo mejora y evoluciona en distintas actividades, existen factores que cada individuo posee y que, mediante su desarrollo conforman la base para un factor o condición física siendo estos:

- Resistencia
- Velocidad
- Fuerza

Estos factores al ser desarrollados de forma adecuada dan como resultado una capacidad resultante que es la “Agilidad”, factor que es de gran importancia en el momento de competir, de la misma forma proporciona cualidades motrices como: Coordinación y Equilibrio.



Figura 2. Factor Físico, Capacidad Resultante, Cualidades Motrices

*Fuente: Autor*

#### 2.2.2.2. Factor Fisiológico

Los deportes en conjunto como el fútbol en este caso se caracterizan por ser acíclicos, con intervalos y discontinuos. Requieren mantener la capacidad tanto aeróbica, como anaeróbica, durante los 90 minutos de juego. Esto exige combinar actividades físicas de intensidad baja (la carrera de baja velocidad o trote) con intensidad alta (sprints, saltos, etc), este factor hace referencia al organismo del deportista y la importancia que tiene.

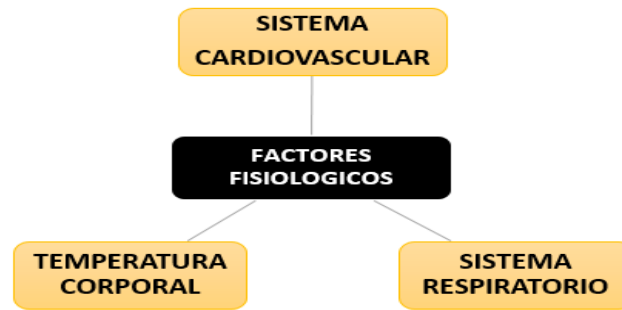


Figura 3. Factores Fisiológicos

*Fuente: Autor*

### **2.2.2.3. Entrenamiento Deportivo**

El entrenamiento deportivo es un proceso complejo mediante el cual un deportista, empezando desde su potencial genético, consigue un determinado nivel de rendimiento, de acuerdo con los procesos de adaptación del organismo. En la actualidad la definición de entrenamiento deportivo se utiliza para toda enseñanza organizada que esté dirigida al aumento de la capacidad de rendimiento físico, psíquico intelectual o técnico-motor del hombre

#### **2.2.2.3.1 Proceso del entrenamiento deportivo**

Este proceso es una parte importante en la mejora del rendimiento deportivo, se lo define como una adaptación progresiva en la que se aplican diferentes cargas a los deportistas siguiendo un proceso sistemático en el plan de entrenamiento y con periodos de recuperación.

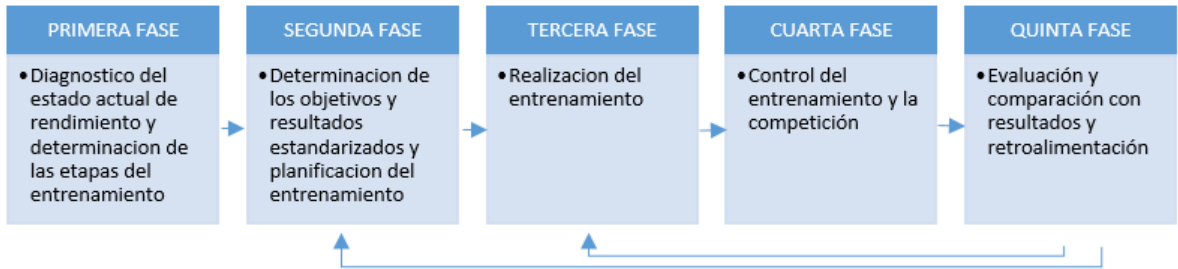


Figura 4. . Fases de entrenamiento

*Fuente: Autor*

Es importante maniobrar de forma correcta la alternancia entre las cargas y la recuperación para potenciar las capacidades del deportista en la FIGURA 4 se muestra un modelo de proceso de entrenamiento aplicado para resultado a largo y a corto plazo para mejorar el rendimiento.

### 2.2.3. Capacidades físicas en el deporte

Las capacidades físicas son componentes de la condición física de cada individuo y por medio de un entrenamiento adecuado se puede potenciar sus destrezas básicas como es la Resistencia, Fuerza, Velocidad.

#### 2.2.3.1. Resistencia

La resistencia desde el punto de vista de la Educación Física, es la capacidad de realizar un esfuerzo de mayor o menor intensidad durante el mayor tiempo posible.

La resistencia se divide en: Resistencia general o aeróbica y resistencia local o anaeróbica.

- La Resistencia aeróbica se define como: la capacidad que tiene el organismo para prolongar el mayor tiempo posible un esfuerzo de intensidad media.
- La Resistencia anaeróbica permite realizar un esfuerzo de alta intensidad con poca duración sin consumo de oxígeno, pese al progresivo aumento de la toxicidad generada por este tipo de trabajo.

### 2.2.3.2. Fuerza

La fuerza se define como la capacidad que posee el ser humano de ejercer tensión contra una resistencia por medio de la activación muscular. La fuerza como tal, está determinada por el producto entre la masa y la aceleración.

$$F = m \cdot a. \quad \text{Ec.1}$$

Donde  $F$  es fuerza,  $m$  masa y  $a$  aceleración.

En términos deportivos, para conseguir un alto rendimiento, se puede observar de manera clara que se necesita de: la masa, la aceleración de la masa que deberán ser lo suficientemente grandes para obtener excelentes resultados, para poder así, incrementar la fuerza del deportista.

La fuerza se clasifica en:

- **Fuerza máxima:** es la mayor cantidad de fuerza que se exige al sistema neuromuscular para soportar u oponerse a la resistencia.
- **Fuerza rápida** o de tipo explosivo en la que actúa el sistema neuromuscular a velocidades altas en contra de un tipo de resistencia.
- **Fuerza de resistencia:** se somete al musculo a tiempos prolongados de fuerza.

### 2.2.3.3. Velocidad Media

La velocidad de manera general se define como magnitud física, estableciendo el desplazamiento que realiza un objeto en un determinado instante de tiempo. Está expresado en la siguiente ecuación:

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Ec.2}$$

Donde  $V$  es la velocidad,  $d$  es distancia y  $t$  indica el tiempo.

En términos deportivos no existe una noción general de velocidad, por la razón que se la estudia dependiendo del deporte a practicar y es adaptada según las necesidades de evaluación. Sin embargo, se ha podido definir a la velocidad como una acción que realiza un deportista en el menor tiempo posible. (Vizueté, 2017)



La velocidad es considerada como una de las capacidades físicas más completas debido a que se encuentra establecida por la fuerza, resistencia y flexibilidad. (Vales Alonso, y otros, 2010)

En la Figura 5. Se observa, el entrenamiento óptimo que se da en las edades comprendidas de 6-8 años, la velocidad se denomina velocidad gestual y de reacción, desde los 10 años la velocidad de desplazamiento. La velocidad máxima se puede definir a los 20 años manteniéndose hasta los 30 años, luego decrece exponencialmente.

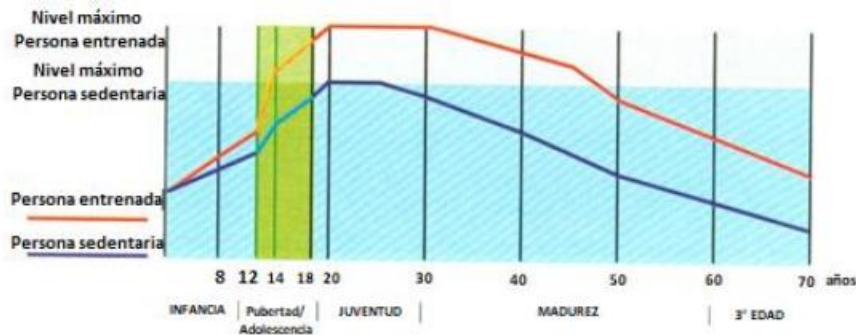


Figura 5. Desarrollo de la velocidad según la edad

Fuente: (Andalucía, 2017)

Un futbolista de alto desempeño o de elite alcanza velocidades mayores a los 30km/h. Sin embargo, la posición que el jugador ocupa dentro del campo de juego influye en los resultados. En la Tabla 1 se puede observar valores relacionados con las posiciones de juego.

Tabla 1. Velocidades según la posición de juego

<b>POSICION DE JUEGO</b>	<b>VELOCIDAD</b>
Defensas centrales	< 11(Km/h)
Centrocampistas	11 a 23 Km/h
Delanteros	> 23 Km/h

Fuente: (Benitez Sillero, Muñoz Herrera, & Morente Montero, 2015)

El deportista debe cumplir con un entrenamiento primordial, ya que gracias a este se puede desarrollar de manera óptima su velocidad, gracias a esto se puede definir si un futbolista es veloz o no. En la Tabla 2 se muestran tres tipos de métodos.

Tabla 2. Métodos de entrenamiento de la velocidad

<b>Método de repeticiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recorrer una distancia a la máxima velocidad.</li> <li>• Recuperación completa con o sin balón.</li> </ul>
<b>Método interválico intensivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recorrer una distancia a la máxima velocidad.</li> <li>• Recuperación incompleta</li> </ul>
<b>Método integral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lo más parecido a la competición.</li> <li>• Reproducción de recorridos a la máxima velocidad.</li> </ul>

*Fuente: Autor*

### 2.3. El Fútbol

El fútbol es la práctica deportiva que se la realiza en equipo, siendo este deporte como el más popular en el mundo, conocido como balompié en Europa y América Latina, en los Estados Unidos es conocido como soccer.

La evolución del fútbol moderno desde su creación ha posibilitado la aparición de nuevas formas de practicarlo, pudiendo así jugarlo de muchas formas, conservando su idea original en cuanto a los objetivos y el ciclo de juego. (DEPORTE, 2011)

En el Ecuador el fútbol inicio por miembros de familias guayaquileñas que llegaron del extranjero, en especial desde Inglaterra, desde entonces el fútbol en nuestro país ha sido el deporte que tiene la capacidad de reunir un sinnúmero de espectadores. La Federación Ecuatoriana de Fútbol, es el máximo organismo quien regula el fútbol profesional.

#### 2.3.1. Posición de los jugadores

Para saber la posición de cada jugador acudimos a dos puntos de vista que son: el Técnico y Táctico.

Cuando se habla de la técnica del futbolista, se refiere a los movimientos posibles que realiza el jugador con o sin balón.

La táctica, es la capacidad que posee el jugador de emplear su técnica ante un adversario, la técnica y la táctica se puede mejorar con los entrenamientos. Las posiciones de los jugadores son:

- **Arquero**

En el fútbol el arquero es pieza fundamental, tiene la capacidad de impedir los goles y es el único jugador del equipo que puede usar las manos durante el encuentro.

- **Defensa Lateral**

La posición de este jugador se encuentra en los laterales, y actúa como defensa, su función es evitar que los contrarios intercepten su área.

- **Defensa Central**

Es la parte central y el pilar fundamental de los defensas, encargado de proteger al arquero en caso de ataques.

- **Defensa libre**

Encargado de cubrir a los defensas cuando pierden su posición, domina técnicas de juego de cabeza y posee una buena visión.

- **Volantes**

Es el encargado de crear las jugadas, da el ritmo de juego, cambia acciones de juego, de defensiva a ofensiva y viceversa.

- **Delantero Centro**

Es el que define el juego por lo general son los encargados de realizar goles.

- **Delantero Extremo**

Tiene como característica clave su velocidad, además de esta su precisión y la capacidad que posee para realizar pases largos de diferentes puntos o hasta realizar goles desde la posición que se encuentre. (Pedroza Santiago, Quintana López, Orozco Aguirre, & Landassuri Moreno, 2018)

La posición de cada jugador anteriormente se puede observar en la FIGURA 6.

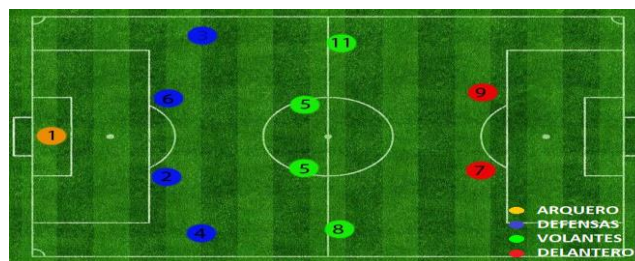


Figura 6. Posición de los jugadores

*Fuente: Autor*

## 2.4. Fisiología del futbolista

Los requerimientos fisiológicos en el fútbol han sido de amplio estudio con el fin de mejorar el rendimiento del deportista, dentro de los estudios se toman en cuenta indicadores como: el gasto energético, sustrato energético, frecuencia cardiaca VO<sub>2</sub> máximo, vía aeróbica y anaeróbica, para su medición se realizan diferentes prácticas en el entrenamiento y también se las analiza en el partido de fútbol. A continuación, se describe los detalles de la parte fisiológica del futbolista.

- **Distancia recorrida**

Dependiendo de la posición del jugador se tiene que la distancia media establecida es de 10 km por juego, aunque los centros campistas son los que más distancias recorren un estimado de 15 km

- **Frecuencia Cardiaca**

La frecuencia cardiaca típica de una persona sin patologías cardiacas notables, es de aproximadamente 70 latidos por minuto (bpm) y puede variar entre 30 y 200 bpm. La amplitud de las señales del electrocardiograma puede variar entre 0.1mV y 5mV dependiendo de la distancia que se encuentren los electrodos del corazón, de tal modo que, cuanto mayor sea la distancia entre los electrodos mayor será la amplitud de a señal. (Pallás Areny, 2017) (Alves Mendes, Marinho Vieira, Piris, & Stevan Jr, 2016)

Una ecuación aproximada para determinar el valor máximo de la Frecuencia Cardiaca en función de la edad es:

$$f_c = 220 - edad \quad \text{Ec.3}$$

Tabla 3. Porcentajes de trabajo de Fc. a diferentes niveles de intensidad

Zona	% Fc.	Esfuerzo percibido	Ventajas
1	50-60%	Ritmo fácil y relajado; respiración rítmica	Entrenamiento aeróbico de nivel inicial: reduce el estrés
2	60-70%	Ritmo cómodo; respiración ligeramente más profunda	Entrenamiento cardiovascular básico; buen ritmo de recuperación
3	70-80%	Ritmo moderado; es más difícil mantener una conversación.	Capacidad aeróbica mejorada; entrenamiento cardiovascular óptimo
4	80-90%	Ritmo rápido y un poco incómodo; respiración forzada	Mejor capacidad y umbral anaeróbicos; mejor velocidad
5	90-100%	Ritmo de sprint; no se soporta durante mucho tiempo; respiración muy forzada	Resistencia anaeróbica y muscular, mayor potencia

*Fuente:* (Basanta Barro & Fernández Díaz , s.f.)

- **Temperatura**

Los humanos somos criaturas homeotérmicas y por lo tanto, capaces de regular nuestra temperatura corporal aunque dentro de unos márgenes muy estrechos; entre los 34°C y los 45°C. No obstante, estos sistemas de homeostasis se ven intensamente alterados en situaciones térmicas extremas tanto en ambientes calurosos como muy fríos.

Sin embargo, a partir de los 37°C de temperatura en ambientes secos o de los 29°C en climas húmedos, el sujeto presenta dificultades fisiológicas y el mantenimiento de una actividad física prolongada provoca una disminución del rendimiento. Así mismo, temperaturas extremadamente elevadas pueden poner en peligro la salud del atleta (Galeote, 2017)

- **Velocidad**

La velocidad que un jugador desarrolla durante el entrenamiento o competencia según especialistas en el deporte indican que las velocidades estándares son variables registradas y tomadas como referencias de jugadores de alto rendimiento son las siguientes:

✓ 0-0.39 km/h, parado

- ✓ 0.4-2.9 km/h, andar
- ✓ 3-7.9 km/h, carrera de baja intensidad
- ✓ 8-12.9 km/h, carrera moderada intensidad
- ✓ 13-17.9 km/h, carrera de alta intensidad

## 2.5. Método AHP (Proceso Analítico Jerárquico)

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es un método que facilita la ponderación entre diferentes criterios o variables, que generalmente se encuentran en conflicto. Debido a esto se propone una jerarquía compuesta por una meta, una serie de alternativas y un grupo de criterios, los mismos que ayudaran a optar por la mejor alternativa o meta. (Aznar Bellver & Guijarro Martinez, 2017)

Para poder determinar estos parámetros, se necesita valorar la condición física en la que el jugador se encuentra, de tal forma que permitirá la facilidad de la evaluación de mismo y así poder cuantificar su rendimiento. (AZNAR & ESTRUCH, 2015)

En una escena de certidumbre, el AHP proporciona la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión. La ventaja del AHP consiste en que adicionalmente incorpora aspectos cualitativos que suelen quedarse fuera del análisis debido a su complejidad.

- **Meta u objetivo**

Un objetivo o una meta no es más que una dirección identificada para mejorar una situación existente. El objetivo se encuentra en un nivel independiente y los otros elementos de la jerarquía serán los sub-objetivos o criterios, subcriterios o alternativas.

En esta investigación la meta se trata de analizar y cuantificar el rendimiento del futbolista que ocupe la posición de delantero.

- **Alternativas**

Son propuestas factibles mediante las cuales se podrá alcanzar el objetivo general. Cada alternativa presenta características con pro y contras.

Para esta investigación Se seleccionarán un conjunto de jugadores de la misma posición, con diferentes características para poderlos comparar y así analizar su rendimiento.

- **Criterios, variables o características**

Los criterios son facetas relevantes que afectan significativamente a los objetivos y deben expresar las preferencias de los implicados en la toma de decisiones.

Para determinar el valor de los criterios deberán cumplir con características deportivas, las mismas que, van ligadas a su actuación en el campo de juego, durante el entrenamiento o en la competición, estas características se evidencian en el campo de juego. En este caso las variables a analizar son: la velocidad y la distancia. Estas variables serán fundamentales, ya que por medio de comparaciones analizara el mejor jugador.

- **Expertos**

Los expertos son las personas encargadas de evaluar el rendimiento del deportista, poder medir sus datos y poderlos entender, para así emitir el estado actual del jugador. Dichos expertos analizaran todos los datos de las variables expuestas anteriormente

- **Árbol de Jerarquías**

En el árbol de jerarquías mostrado en la figura 7 muestra que el objetivo final se encuentra se encuentra en el nivel más elevado, y los criterios y sub criterios en los niveles inferiores. Para que el método sea eficaz es fundamental elegir bien los criterios y subcriterios, los cuales debes estar muy bien definidos, ser relevantes y mutuamente excluyentes (independencia entre ellos)

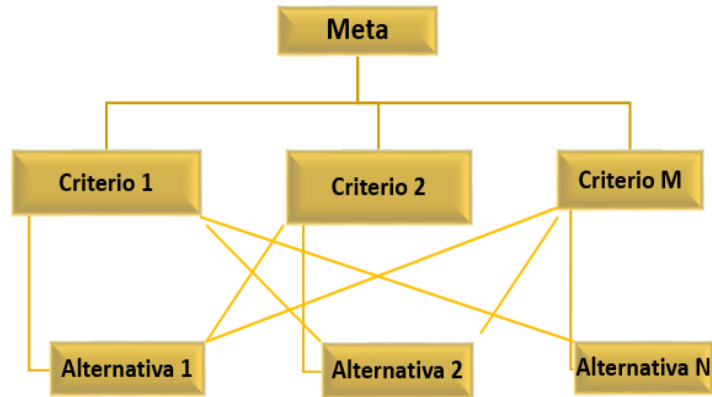


Figura 7. Árbol de jerarquía

*Fuente: Autor*

En la construcción de la jerarquía, se puede hacer de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba.

La elaboración de arriba hacia abajo se inicia identificando los criterios más globales, es decir desde lo más general hasta lo más particular. De esta forma todos los aspectos generales recopilados en la definición del problema están presentes en ese primer nivel.

En la construcción de abajo hacia arriba el proceso se lo realiza a la inversa. Se generan primero todas las características que permiten diferenciar entre las alternativas y posteriormente se construye el proceso jerárquico agrupando ciertas características que mantienen un factor común

Para la evaluación del proceso, los expertos analizarán los datos emitidos por cada característica o variables, de tal manera que identifiquen cual será el mejor participante o el más relevante a comparación de los otros.

## 2.6. Arduino

Arduino, es una plataforma de creación electrónica, la misma que maneja un código abierto, basándose en hardware y software libre flexible y fácil de utilizar, esta plataforma permite al desarrollador crear diferentes tipos de microordenadores o permite al usuario darle diferente tipo de uso. (FM, 2018)





Figura 8. Arduino

*Fuente: Autor*

## 2.7. Node MCU Esp 8266

El módulo WIFI ESP 8266 es un módulo inalámbrico que ha sido especialmente diseñado para conectarse fácilmente a una conexión Wi-Fi, es pequeño, potente y compatible con 802.11 b/g/n. Este módulo puede funcionar como un punto de acceso (Acces Point) o como una estación de envío y recepción de datos. Tiene integrado un ADC de 10 bits, protocolo TCP/IP, un chip ESP 8266 además posee un CPU 32 bits de baja potencia, su consumo es menor a 1mW. (CV, 2017)



Figura 9. WIFI ESP 8266

*Fuente: (CV, 2017)*

## 2.8. Node MCU ESP32

El módulo ESP32 es un MCU híbrido con Wi-Fi y Bluetooth capaz de funcionar en entornos industriales con una temperatura de funcionamiento entre los  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+120^{\circ}\text{C}$ , con un consumo de energía ultra bajo, el mismo que le hace un diseño eficaz para aplicaciones móviles, posee también un alto nivel de integración con diversos dispositivos.



Figura 10. Node MCU ESP32

*FUENTE: Autor*

## **CAPÍTULO III**

### **3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1.1. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**

Este tipo de investigación es la encargada de puntualizar las características de la población que se está estudiando, además es un método de investigación que recopila información cuantificable, además utiliza métodos de observación para llevar a cabo el estudio que se realiza.

##### **3.1.1.2. INVESTIGACION EXPERIMENTAL**

La investigación experimental se basa en el desarrollo e implementación de un sistema de medición de variables como: frecuencia cardiaca, velocidad, distancia con el fin de obtener datos con la finalidad de poder ser comparados y determinar las causas y/o efectos de los fenómenos en estudio.

### **3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1. METODO DE INVESTIGATIVO EXPERIMENTAL**

- Implementar una base de datos que permita almacenar parámetros como distancia, velocidad, número de impactos, su frecuencia cardiaca y así poder observar el rendimiento físico del futbolista.
- Efectuar las pruebas y tomas de parámetros fundamentales como presión, velocidad, aceleración y distancia transcurrida durante el entrenamiento.

### **3.3. TÉCNICAS**

#### **3.3.1. OBSERVACIÓN**

Es muy importante utilizar técnicas de observación en este tipo de investigación debido a que consiste en analizar de forma muy detallada las acciones o situaciones de cualquier fenómeno en base a los objetivos planteados anteriormente, en este proyecto se debe tomar en cuenta la presión arterial, la velocidad, aceleración, distancia recorrida y en especial el monitoreo del ritmo cardiaco, elementos principales para el desempeño del jugador como tal y así poder analizar su rendimiento físico.

#### **3.3.2. INSTRUMENTOS**

En el desarrollo del proyecto es necesario utilizar instrumentos como: software de programación, tarjetas electrónicas programables, sensores electrónicos aptos para el tipo de investigación, papers, revistas y artículos científicos, hojas de datos de los componentes electrónicos, tesis, entre otros.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1. POBLACIÓN**

Los participantes de esta investigación forman parte del equipo de futbol profesional de segunda categoría “STAR CLUB” de la ciudad de Riobamba, con un total de 25 jugadores, de este grupo de jugadores los objetos a estudiar son los que se desempeñan en la posición de delanteros

#### **3.4.2. MUESTRA**

Los participantes voluntarios emitirán muestras a partir de los sensores utilizados, sensor de temperatura corporal, sensor para CO<sub>2</sub>, sensor de frecuencia cardiaca, sensor de choque o impactos, estos sensores emitirán datos de signos vitales en lo principal, así mismo, el total de distancia promedio recorrida durante el entrenamiento, su velocidad, su aceleración, nos basaremos en la utilización de un GPS y de esta manera poder analizar en qué estado se encuentra el o los participantes y cuantificar los datos.

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

Tabla 4. Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Velocidad, distancia, frecuencia cardiaca,</p>	<p>Implementar un sistema de bajo costo que permita analizar y cuantificar el rendimiento de un deportista</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación del sistema.</li> <li>• Conectividad</li> <li>• Recepción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoja de Datos Técnicos</li> <li>• Sensores</li> <li>• Cálculos</li> <li>• Software de simulación</li> </ul>
<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>VO2 Max.</p>	<p>Indicador de esfuerzo realizado por parte de la velocidad máxima empleada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio del jugador dentro de la cancha</li> <li>• Datos de la velocidad</li> <li>• Control y monitoreo del jugador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de las señales emitidas por los sensores</li> <li>• Base de datos</li> </ul>

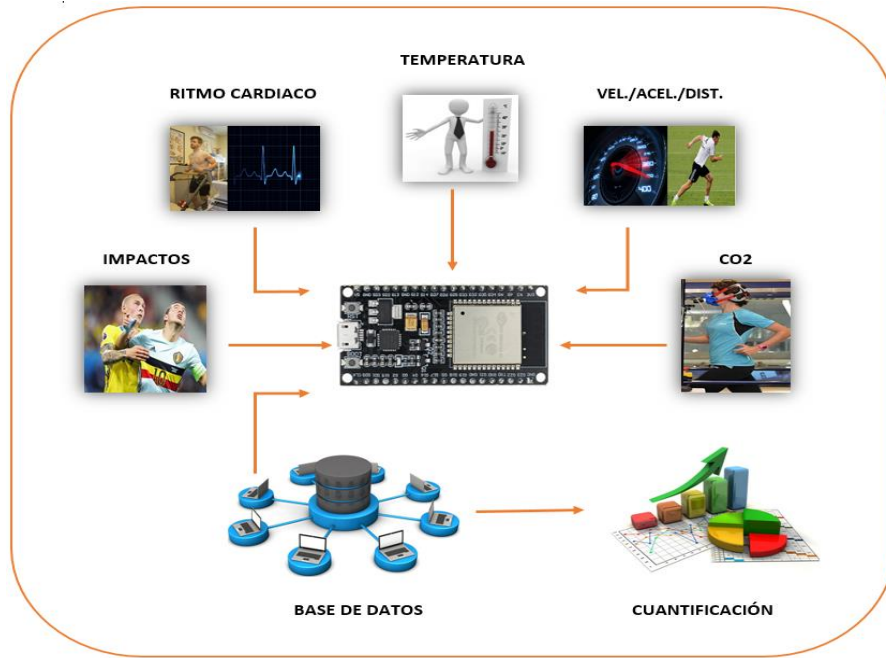
*Fuente: Autor*

### 3.6. PROCEDIMIENTOS Y ANALISIS

En este apartado se describe el desarrollo para poder monitorear y analizar el rendimiento físico del deportista.

El sistema de monitoreo de señales biomédicas está conformado por módulo de medición de ritmo cardiaco, y módulo de temperatura, para el rendimiento deportivo se tendrá un módulo para la velocidad, aceleración y distancia, de igual manera para los impactos o choques que el jugador recibe mientras entrena.

- **ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA**



Diagrama

general del sistema

*FUENTE: Autor*

### 3.6.1. MÓDULO DE MEDICIÓN DEL RITMO CARDIACO

Para el proceso de medición del ritmo cardiaco cabe recalcar que el módulo Node MCU ESP8266 como el ESP32, trabajan con el software arduino el mismo que facilita su lenguaje de programación. Se realizará la comunicación cliente-servidor entre estos dos dispositivos.

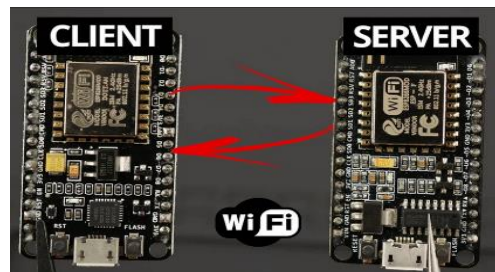


Figura 11. Cliente-Servidor Esp8266 y Esp32

*FUENTE: Autor*

- **Transmisión Y Recepción De Datos**

Para la transmisión de datos se realizará desde el cliente al servidor, esta será por medio del puerto serial, mientras esté disponible todos los datos obtenidos por el sensor de pulso cardiaco serán enviados desde el cliente al servidor y a la vez el servidor envía estos datos por medio de comunicación serial para luego ser escritos en la base de datos.

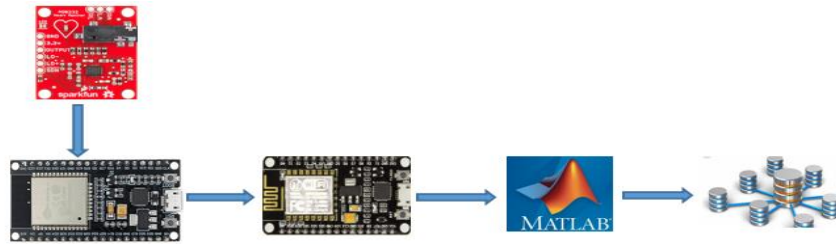


Figura 12. Transmisión y recepción de datos del ritmo cardiaco

FUENTE: Autor

- **Implementación**

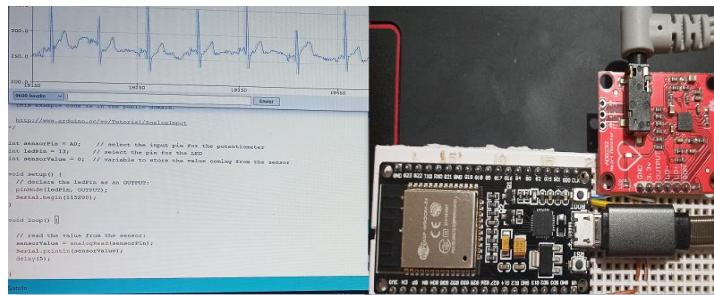


Figura 13. Implementación del módulo Ritmo Cardiaco y visualización de la señal resultante

FUENTE: Autor

**Diagrama de bloques**

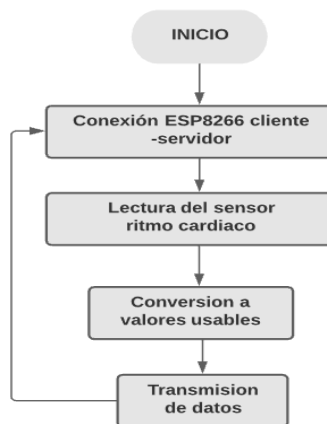


Figura 14. Diagrama de bloques Ritmo Cardiaco

FUENTE: Autor

El MCU ESP32 gracias a ser un módulo Wi-Fi, permite la comunicación inalámbrica haciendo que la conectividad no necesite ser cableada, por este motivo el deportista será monitoreado por un tiempo prolongado durante su entrenamiento.

### 3.6.2. MÓDULO DE MEDICION DE LA TEMPERATURA

Para el monitoreo de temperatura se utilizó el sensor MLX90614 debido a que no necesita contacto para poder tomar los datos, usa el protocolo I2C para su comunicación lo que nos facilita su lectura de datos. Cabe recalcar que este sensor en el rango de 16°C a 40°C tiene un margen de error de  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , lo que hace que sea confiable y con una precisión muy aceptable. (Llamas, 2016)

#### DIAGRAMA DE BLOQUES

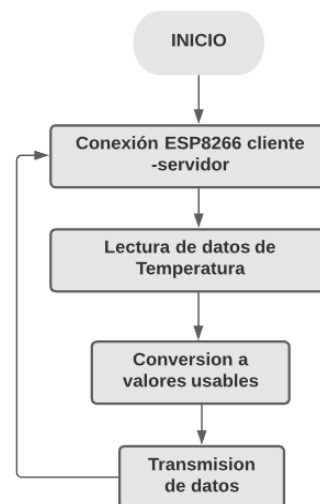


Figura 15. Diagrama de bloques Temperatura

*FUENTE: Autor*

### 3.6.3. MÓDULO DE MEDICIÓN DISTANCIA/VELOCIDAD/ACELERACION.

La distancia recorrida por parte del deportista se dará a partir de un módulo GPS Neo 7m, siendo este de fácil uso y aplicación. Los datos emitidos por parte de este módulo mediante su Longitud, Latitud y Altitud harán que se pueda calcular una distancia promedio durante un tiempo determinado, de igual manera con estos datos proporcionará la Velocidad con la que un objeto está en movimiento haciendo de gran utilidad para esta investigación. La aceleración será calculada a partir de la ecuación 4.

$$a = \frac{vf-v_0}{t} = m/s^2 \quad \text{Ec.4}$$

Para calcular los valores de distancia a partir de la Latitud y la longitud se hace referencia a una fórmula de Haversine (Inga Ortega, 2019):

$$d = 2 \arcsin\left(\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2\left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}\right)\right) \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

$\varphi_2, \varphi_1$ : son la Latitud en el punto 1 y la Latitud en el punto 2

$\lambda_2, \lambda_1$ : son la Longitud en el punto 1 y la Longitud en el punto 2

### Diagrama de Bloques

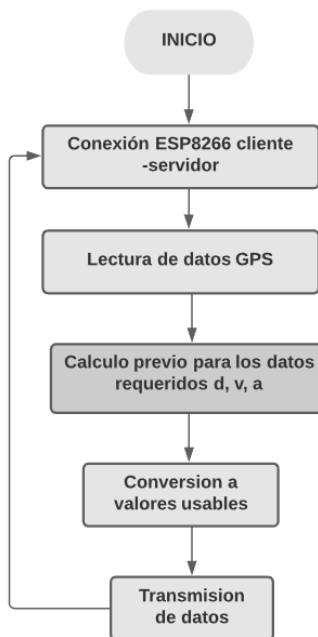


Figura 16. Diagrama de bloques GPS

FUENTE: Autor

### 3.6.4. MÓDULO DE MEDICIÓN DE IMPACTOS (CHOQUES)

El jugador, en el transcurso de juego sufre varios golpes o choques por sus adversarios en los instantes de ataque o recuperación del balón, estos golpes son necesarios contarlos



o detectarlos ya que junto con el módulo de ritmo cardiaco se analizará si existe alguna afectación y se sabrá si el jugador podrá continuar es por ello que se crea un módulo especial para poder saber cuántos golpes los participantes sufren durante su encuentro.

### Diagrama de Bloques

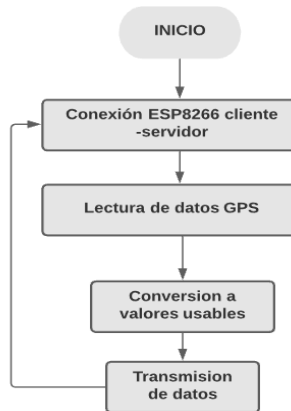


Figura 17. Diagrama de bloques GPS

*FUENTE: Autor*

### 3.6.5. BASE DE DATOS

Para la implementación de la base de datos se realizó con el software de Matlab, el mismo quien recibe los datos y almacena en una hoja de datos etiquetada con todas las variables a medir. Gracias a este software y a la asociación que tiene con NoSQL, permiten intercambio de datos con base de datos relacionales.



Figura 18. Interfaz Base De datos

*FUENTE: Autor*

	<b>PART.1</b>	<b>PART.2</b>	<b>PART.3</b>	<b>PART.4</b>
<b>DIST.</b>	8,49	14,08	21,05	19,45
<b>VEL.</b>	11,52	12,07	16,55	16,24
<b>N.IMP</b>	110	136	213	200
<b>F.C</b>	78	91,66	114,16	110,83
<b>%F.C</b>	41%	46%	55%	55%

Figura 19. Datos almacenados

*FUENTE: Autor*

El equipo de segunda categoría de la ciudad de Riobamba STAR CLUB cuenta con 24 jugadores, quienes entrenan con la finalidad de poder llegar a primera categoría, de este grupo de deportistas se escogerá a quienes ocupen la posición de “delantero”. Durante cada entrenamiento se realizará la toma de datos a un jugador, el mismo que ocupará el chaleco deportivo con el sistema de monitoreo implementado.

En la Figura 20 se puede observar los datos almacenados que los sensores emiten cuando están en funcionamiento, permitiendo así poderlos analizarlos a fondo. Estos datos son recibidos por parte de Matlab.

## CAPÍTULO IV

### 4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1.1. Resultados.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del sistema realizado para la toma de datos de las variables DISTANCIA, VELOCIDAD, IMPACTOS, FRECUENCIA CARDIACA. Los 4 jugadores de segunda categoría del equipo STAR CLUB de la ciudad de Riobamba de quienes se tomaron los resultados ocupan la posición de delanteros. Los datos emitidos fueron recopilados en el lapso de 2 semanas, estos datos se efectuaron durante el lapso de un tiempo determinado o establecido por los entrenadores y cuerpo médico.

#### 4.1.2. Resultados Semana 1

##### **PARTICIPANTE 1:**

**Nombre:** LUIS DAVID CASTRO YEROVI

**Edad:** 27 años

Tabla 5. Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 1.

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	0,57	5,04	18
6-10 min	0,74	6,84	14
11-15 min	1,33	11,88	19
16-20 min	2,99	21,24	25
21-25 min	1,93	15,84	21
26-30 min	0,93	8,28	13
TOTAL	8.49	$\bar{x} = 11,52$	110

Las pruebas realizadas se han dividido en seis intervalos con un total de 30 minutos de entrenamiento, el jugador recorre un total de 8.19 Km aproximadamente, siendo el cuarto intervalo la mayor distancia alcanzada, cabe recalcar que en este instante de tiempo es en donde el rendimiento del deportista es el más alto y más desgaste sufre.

Tabla 6. Datos de Frecuencia Cardiaca

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
<b>Tiempo (min)</b>	<b>F.C</b>	<b>% FC</b>
0-5 min	63	33%
6-10 min	75	39%
11-15 min	82	43%
16-20 min	90	47%
21-25 min	81	42%
26-30 min	77	40%

La frecuencia cardiaca más relevante y mayor alcanzada fue encontrada en el intervalo 4, en donde el jugador alcanza un valor del 40% del 100%, es decir, muy inferior a su frecuencia ideal.

Para los datos del VO<sub>2</sub>max que el deportista produce se ve calculada por la Ecuación 6 en donde se toma los valores destacados o relevantes, en este caso la velocidad más alta:

$$VO_2Max = 5,857 * Vel \left( \frac{km}{h} \right) - 19,458 \quad \text{Ec.6}$$

$$VO_2Max = 47,89 \text{ ml/kg/min}$$

El resultado calculado indica un VO<sub>2</sub>max alrededor de 47,89 ml/kg/min siendo un indicador promedio, así mismo, son indicadores de que el deportista no está entrenado o no está trabajando acorde a las condiciones propuestas por el entrenador.

Tabla 7. Datos Análisis Estadístico Distancia

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Distancia (km)	1,415	0,372	0,912	0,570	0,697	1,130	2,195	2,990
Velocidad (km/h)	1,52	2,50	6,13	5,04	6,39	10,08	17,19	21,24
Núm. Imp.	18,33	1,82	4,46	13,00	13,75	18,50	22,00	25,00
F.C	78,00	3,67	8,99	63,00	72,00	79,00	84,00	90,00

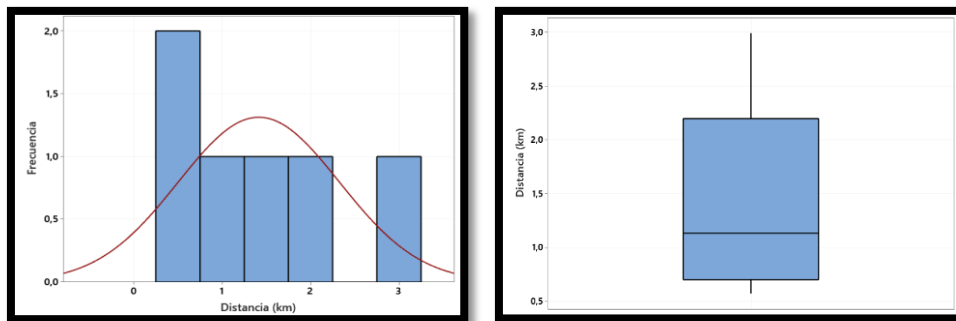


Figura 20. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Distancia en km

Fuente: Autor

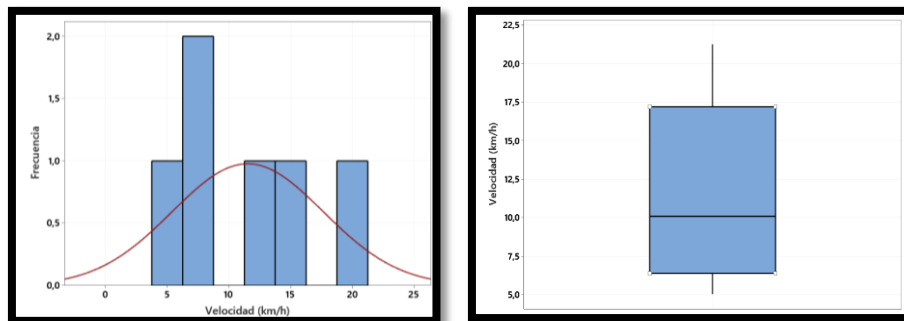


Figura 21. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Velocidad

Fuente: Autor

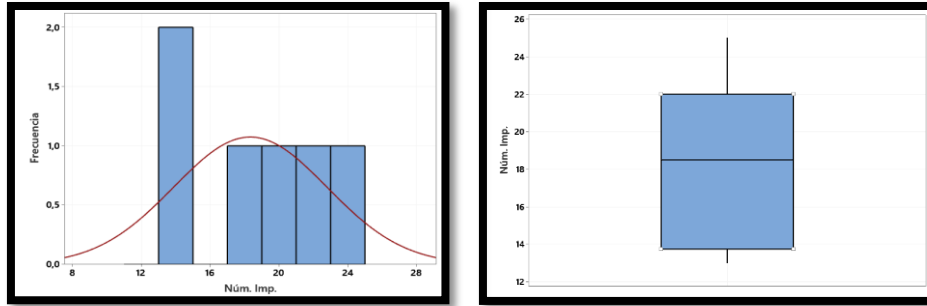


Figura 22. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Impactos

Fuente: Autor

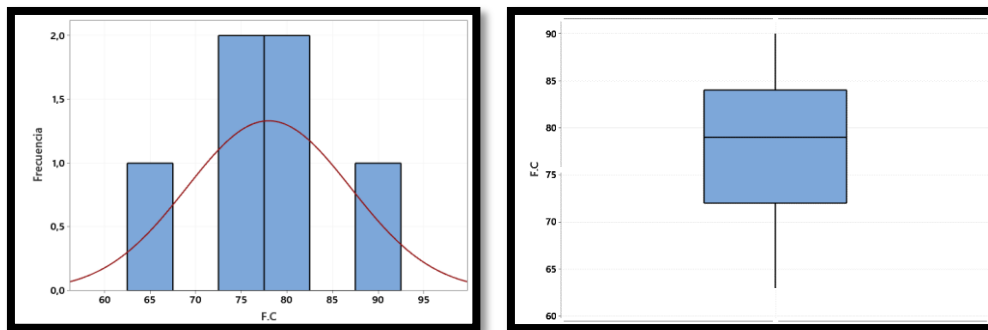


Figura 23. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Frecuencia Cardíaca

Fuente: Autor

**PARTICIPANTE 2:****Nombre:** ROGER FERNANDO RUIZ**Edad:** 22 años

Tabla 8. Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 2.

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	0,85	6,48	24
6-10 min	1,48	8,28	19
11-15 min	1,95	11,6	22
16-20 min	3,4	12,24	27
21-25 min	4,2	22,32	26
26-30 min	2,2	11,52	18
<b>TOTAL</b>	<b>14,08</b>	$\bar{x} = 12,07$	<b>136</b>

El participante 2 recorre un total de 14,08 Km aproximadamente, siendo en minuto 21-25 la mayor distancia alcanzada y con la mayor velocidad producida la, en este instante de tiempo el participante ha demostrado un mayor énfasis durante su participación.

Para la frecuencia cardiaca se hace referencia a la Ecuación 3. En donde:

$$f_c = 220 - edad$$

$$f_c = 220 - 22$$

$$f_c = 198$$

La frecuencia máxima, ideal o al 100% sería de 198.

Tabla 9. Datos de Frecuencia Cardiaca Participante 2

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
<b>Tiempo (min)</b>	<b>F.C</b>	<b>% FC</b>
0-5 min	70	35%
6-10 min	85	42%
11-15 min	93	46%
16-20 min	117	59%
21-25 min	102	51%
26-30 min	83	42%

A comparación del participante anterior, la frecuencia cardiaca máxima del jugador alcanza un 59%

En este caso el VO<sub>2</sub>max del participante 2 es igual a 51.23 ml/kg/min, indicando estar en buenas condiciones físicas, pero no las mejores o las que se requiere por parte de los entrenadores.

Tabla 10. Datos Análisis Estadístico Distancia

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Distancia (km)	2,347	0,507	1,242	0,850	1,322	2,075	3,600	4,200
Velocidad (km/h)	12,07	2,25	5,50	6,48	7,83	11,56	14,76	22,32
Núm. Imp.	22,67	1,50	3,67	18,00	18,75	23,00	26,25	27,00
F.C	91,67	6,68	16,37	70,00	79,75	89,00	105,75	117,0

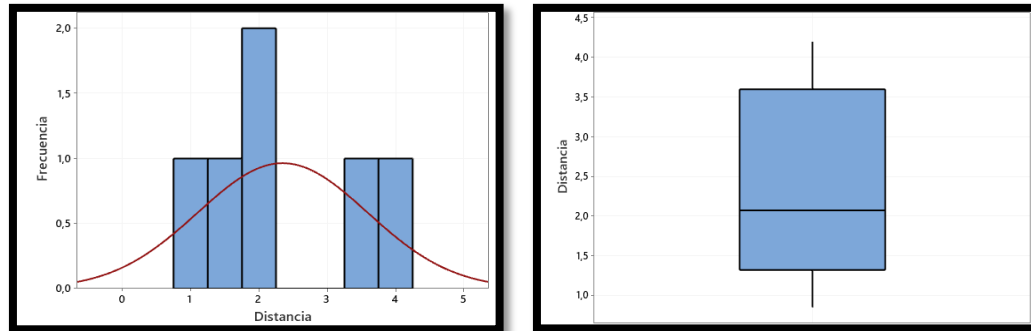


Figura 24. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Distancia en km

Fuente: Autor



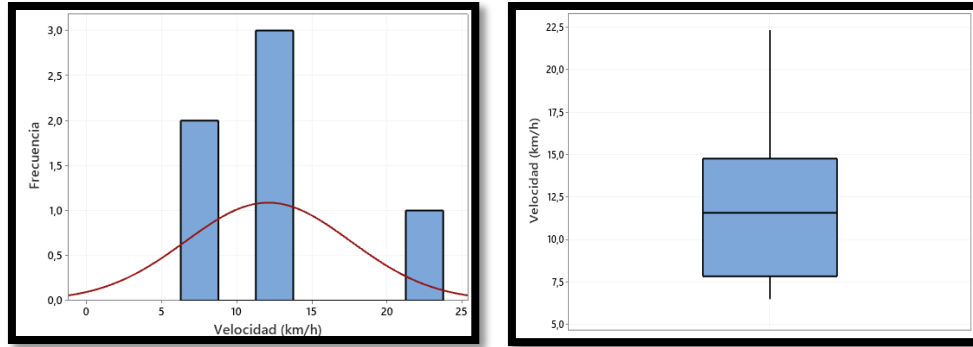


Figura 25. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Velocidad

Fuente: Autor

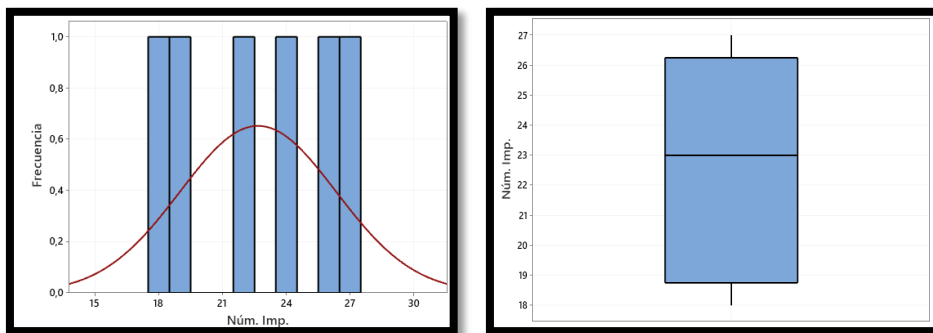


Figura 26. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Impactos

Fuente: Autor

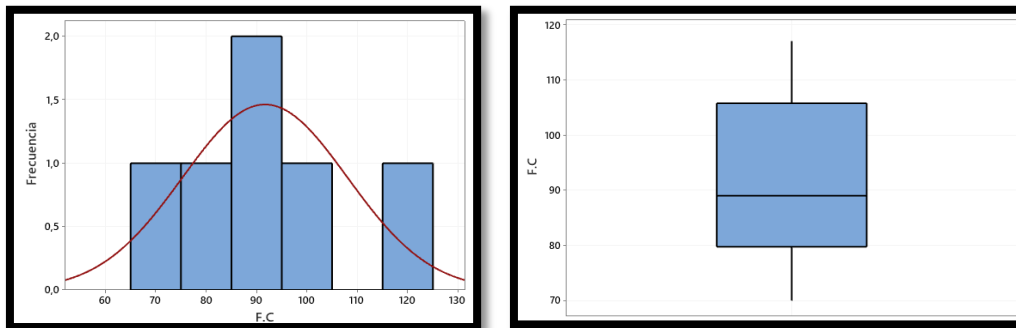


Figura 27. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Frecuencia

Cardiaca

Fuente: Autor

**PARTICIPANTE 3:****Nombre:** JOSUÉ DAVID BERRONES**Edad:** 18 años

Tabla 11. Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 3.

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	1,25	8,28	34
6-10 min	2,70	10,32	29
11-15 min	3,8	15,4	31
16-20 min	5,3	26,32	37
21-25 min	4,7	20,5	46
26-30 min	3,3	18,52	36
<b>TOTAL</b>	<b>21,05</b>	$\bar{x} = 16,55$	<b>213</b>

El participante 3 de corta edad y de buen estado físico recorre un total de 21,05 Km aproximadamente, alcanzando una velocidad promedio de 16,55 km/h. Para la frecuencia cardiaca se hace referencia a la Ecuación 3. En donde su frecuencia de trabajo al 100% radica sobre los 202 pul/min

Tabla 12. Datos de Frecuencia Cardiaca Participante 3

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
<b>Tiempo (min)</b>	<b>F.C</b>	<b>% FC</b>
0-5 min	90	44%
6-10 min	101	50%
11-15 min	107	53%
16-20 min	145	59%
21-25 min	132	72%
26-30 min	110	54%

El trabajo y esfuerzo realizado por el participante es muy relevante debido a que su esfuerzo máximo esta sobre el 72% de 100%.

Para el VO2max se sigue el mismo procedimiento de los participantes teniendo en cuenta la Ecuación. 6 indicando un resultado de 77,47 ml/kg/min. Este resultado da a conocer el excelente estado físico por parte del participante.

Tabla 13. Datos Análisis Estadístico Distancia

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Distancia (km)	3,508	0,592	1,450	1,250	2,338	3,550	4,850	5,300
Velocidad (km/h)	16,56	2,73	6,69	8,28	9,81	16,96	21,95	26,32
Núm. Imp.	35,50	2,43	5,96	29,00	30,50	35,00	39,25	46,00
F.C	114,17	8,36	20,47	90,00	98,25	108,50	135,25	145,00

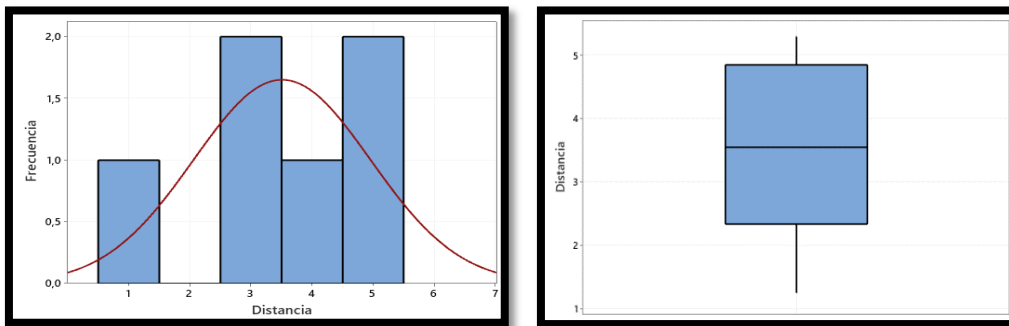


Figura 28. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Distancia en km

Fuente: Autor

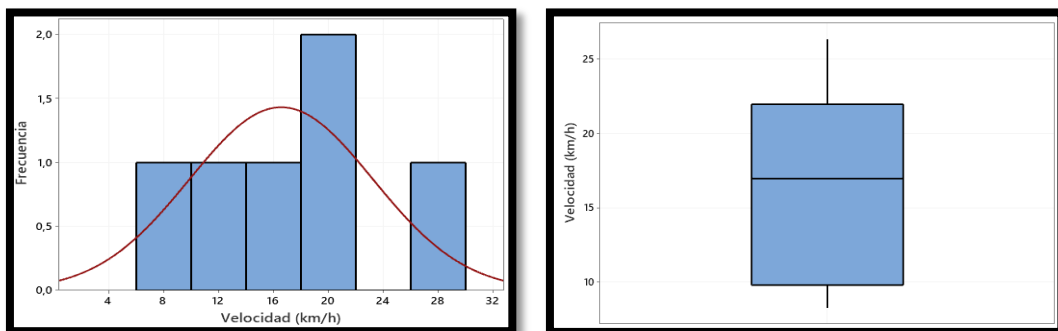


Figura 29. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Velocidad

Fuente: Autor

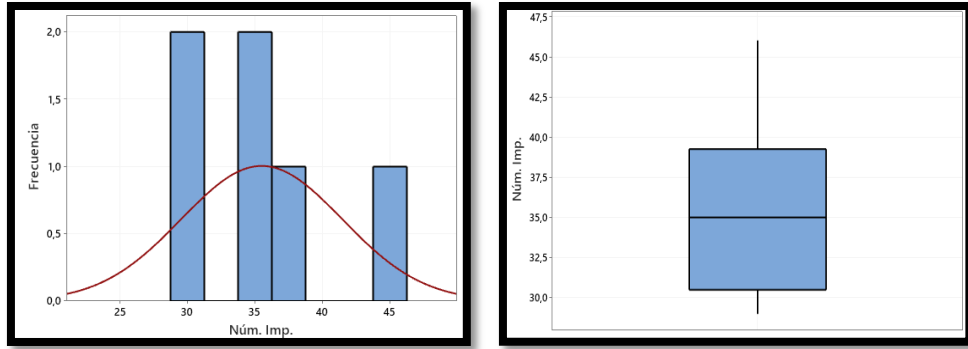


Figura 30. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Impactos  
Fuente: Autor

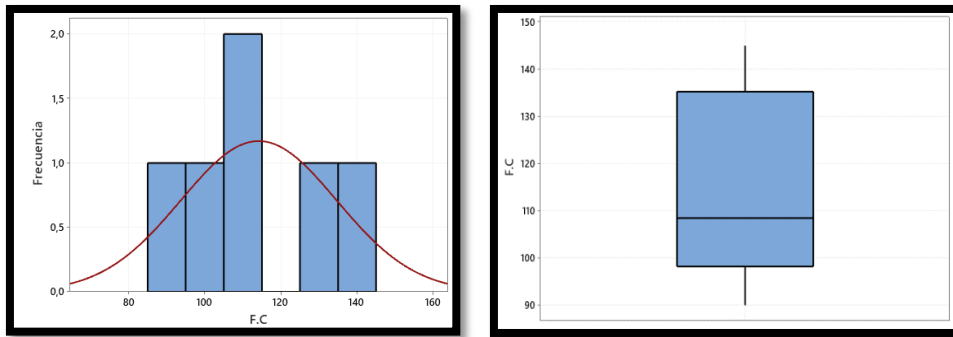


Figura 31. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Frecuencia Cardíaca  
Fuente: Autor

**PARTICIPANTE 4:****Nombre:** Josert Omar Quishpi**Edad:** 20 años

Tabla 14. . Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 4.

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	0,95	7,82	31
6-10 min	2,20	11,23	28
11-15 min	3,3	16,2	32
16-20 min	4,9	24,67	34
21-25 min	4,2	19,71	42
26-30 min	3,9	17,83	33
<b>TOTAL</b>	<b>19,45</b>	$\bar{x} = 16,24$	<b>200</b>

El participante 4 con 19 años de edad recorre un total de 21,05 Km aproximadamente, alcanzando una velocidad promedio de 16,24 km/h .la frecuencia cardiaca máxima de este participante será de 200 pul/min tomando como referencia la ecuación 3.

Tabla 15. Datos de Frecuencia Cardiaca Participante 4

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
<b>Tiempo (min)</b>	<b>F.C</b>	<b>% FC</b>
0-5 min	88	44%
6-10 min	100	50%
11-15 min	103	51%
16-20 min	139	69%
21-25 min	128	64%
26-30 min	107	53%

La frecuencia máxima encontrada en este participante es de 139 pul/min cumpliendo un 69% del esfuerzo realizado

Para el VO2max se sigue el mismo procedimiento de los participantes anteriores Ecuación. 6 indicando un resultado de 76,27 ml/kg/min. Este resultado da a conocer el excelente estado físico por parte del participante.

Tabla 16. . Datos Análisis Estadístico Distancia

Variable N	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Distancia (km)	3,242	0,590	1,445	0,950	1,888	3,600	4,375	4,900
Velocidad (km/h)	16,24	2,46	6,03	7,82	10,38	17,02	20,95	24,67
Núm. Imp.	33,33	1,93	4,72	28,00	30,25	32,50	36,00	42,00
F.C	110,83	7,75	18,99	88,00	97,00	105,00	130,75	139,00

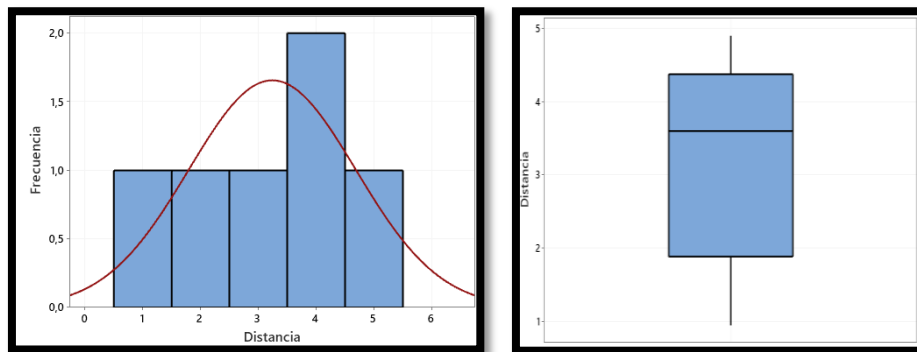


Figura 32. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Distancia en km

Fuente: Autor

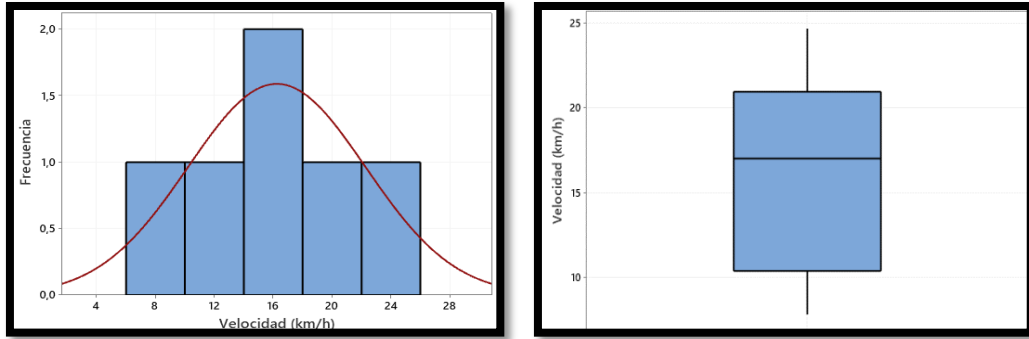


Figura 33. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Velocidad

Fuente: Autor

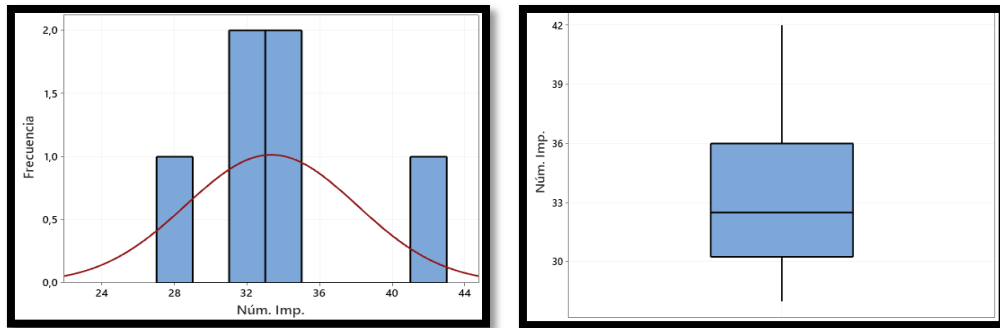


Figura 34. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Impactos

Fuente: Autor

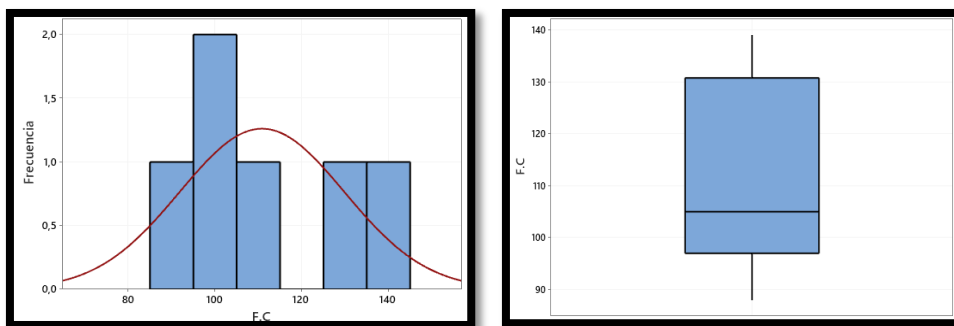


Figura 35. Histograma con curva normal y Diagrama de cajas de la variable Frecuencia Cardíaca

Fuente: Autor

- **Análisis de los jugadores según las variables**

Tabla 17. Medias obtenidas de las Variables Distancia, Velocidad, Num. Imp. Frecuencia Cardiaca

	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.	F.C
<b>Part.1</b>	1,415	11,52	18,33	78,00
<b>Part.2</b>	2,347	12,07	22,67	91,67
<b>Part.3</b>	3,508	16,56	35,50	114,17
<b>Part.4</b>	3,242	16,24	33,33	110,83

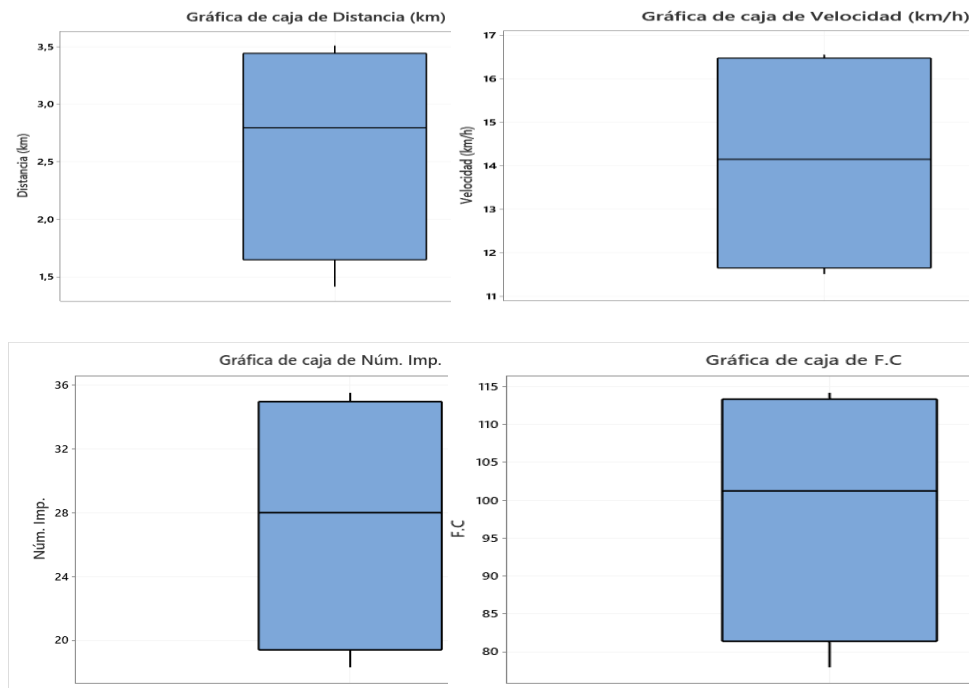


Figura 36. Diagrama de cajas Distancia, Velocidad, Número de impactos y Frecuencia Cardiaca

Fuente: Autor.

Las gráficas observadas en la figura 38 se puede observar el comportamiento de cada jugador durante las pruebas realizadas en la semana 1, es claro también que el participante 3 tiene



o posee el mayor rendimiento debido a que recorre mayor distancia, su velocidad es superior y la frecuencia cardiaca indica un excelente estado físico y de recuperación.

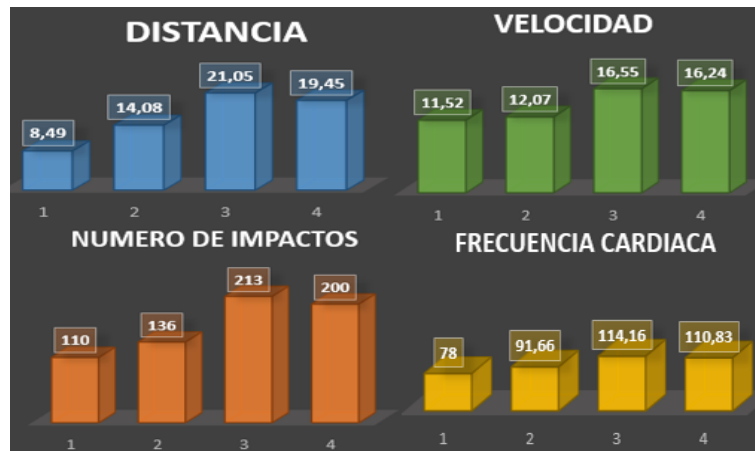


Figura 37. Análisis de las variables Distancia, Velocidad, Número de impactos y Frecuencia Cardiaca

Fuente: Autor.

El participante 1. Cuenta con los índices más bajos obtenidos durante las pruebas realizadas, indicando que no está entrenado a diferencia de los otros participantes.

### 1.1.1. Resultados Semana 2

#### PARTICIPANTE 1:

**Nombre:** LUIS DAVID CASTRO YEROVI

**Edad:** 27 años

Tabla 18. Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 1.

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	0,95	6,04	20
6-10 min	1,24	13,48	18
11-15 min	2,85	16,11	23
16-20 min	4,8	24,21	25
21-25 min	2,9	16,84	26
26-30 min	1,35	12,98	19
TOTAL	14,09	$\bar{x} = 14,94$	131

Tabla 19. Datos de Frecuencia Cardiaca

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
Tiempo (min)	F.C	% FC
0-5 min	82	42%
6-10 min	98	51%
11-15 min	118	61%
16-20 min	106	55%
21-25 min	95	49%
26-30 min	89	46%

Para los datos del VO<sub>2</sub>max que el deportista produce se ve calculada por la Ecuación 6.

$$VO_2Max = 68,04 \text{ ml/kg/min}$$

**PARTICIPANTE 2:**

**Nombre:** ROGER FERNANDO RUIZ

**Edad:** 22 años

Tabla 20. . Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 2.

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	1,10	7,93	28
6-10 min	1,78	9,82	24
11-15 min	2,23	14,63	26
16-20 min	3,93	17,42	34
21-25 min	4,8	26,23	31
26-30 min	3,02	16,07	27
TOTAL	16,86	$\bar{x} = 15,35$	170

Tabla 21. Datos de Frecuencia Cardiaca Participante 2

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
Tiempo (min)	F.C	% FC
0-5 min	85	42%
6-10 min	94	47%
11-15 min	115	58%
16-20 min	132	66%
21-25 min	119	60%
26-30 min	101	51%

$$VO_2Max = 70,44 \text{ ml/kg/min}$$

**PARTICIPANTE 3:**

**Nombre:** JOSUÉ DAVID BERRONES

**Edad:** 18 años

Tabla 22. . Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 3

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	1,48	7,95	36
6-10 min	3,02	9,94	31
11-15 min	4,23	16,03	34
16-20 min	6,07	26,85	35
21-25 min	5,64	21,09	48
26-30 min	4,09	18,79	39
TOTAL	21,05	$\bar{x} = 16,55$	213

Tabla 23. Datos de Frecuencia Cardiaca Participante 3

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
Tiempo (min)	F.C	% FC
0-5 min	93	46%
6-10 min	106	52%
11-15 min	111	55%
16-20 min	164	81%
21-25 min	139	68%
26-30 min	121	60%

$$VO_2Max = 77,47 \text{ ml/kg/min}$$

**PARTICIPANTE 4:**

**Nombre:** Josert Omar Quishpi

**Edad:** 20 años

Tabla 24. Datos de Distancia, Velocidad, Impactos participante 4.

<b>DATOS Dis./Vel./Imp.</b>			
Tiempo (min)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Núm. Imp.
0-5 min	1,25	8,26	28
6-10 min	2,92	11,89	33
11-15 min	3,87	16,71	35
16-20 min	5,78	25,76	36
21-25 min	4,91	20,09	47
26-30 min	4,39	18,37	39
TOTAL	23,12	$\bar{x} = 16,84$	218

Tabla 25. Datos de Frecuencia Cardiaca Participante 4

<b>DATOS Frecuencia Cardiaca</b>		
Tiempo (min)	F.C	% FC
0-5 min	90	45%
6-10 min	114	57%
11-15 min	112	56%
16-20 min	143	71%
21-25 min	137	68%
26-30 min	121	60%

$$VO_2Max = 79,17ml/kg/min$$

- **Análisis segunda semana**

En una semana de entrenamiento cada jugador se ha adaptado a las condiciones establecidas y propuestas por los entrenadores, obteniendo resultados notorios, mejorando en cada uno de los parámetros establecidos.

En la Figura 39. Se puede observar los resultados correspondientes a la semana 2 de entrenamiento y pruebas



Figura 38. Análisis de las variables Distancia, Velocidad, Número de impactos y Frecuencia Cardíaca

Fuente: Autor.

### 1.1.2. Comparación semana 1 y semana 2

La evolución de los jugadores a medida que vayan entrenando debe ser notoria, debido a esto tienen la capacidad de superar sus parámetros anteriores. Los datos obtenidos tanto como en la semana 1 y 2 son fundamentales para poder observar su rendimiento y su mejora, es por ello que resulta importante hacer una comparación y un análisis de las 2 semanas de entrenamiento en base a los datos obtenidos durante las pruebas.

Tabla 26. Media de Datos de las variables: Distancia, Velocidad, Núm. Imp. Y Frecuencia Cardiaca

	Distancia (km)		Velocidad (km/h)		Núm. Imp.		F.C(ppm)	
	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 1	Sem. 2
<b>Part.2</b>	1,45	2,773	11,52	14,94	18,33	21,83	78,00	98,00
<b>Part.2</b>	2,347	2,810	12,07	15,35	22,67	28,33	91,67	107,67
<b>Part.3</b>	3,508	4,088	16,56	16,78	35,50	37,17	114,17	122,3
<b>Part.4</b>	3,242	3,853	16,24	16,85	33,33	36,33	110,83	119,50

• **Distancia.**

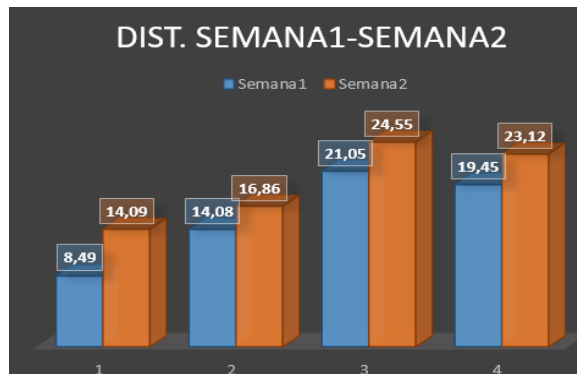


Figura 39. Distancia Semana1-Semana2.

*Fuente: Autor.*

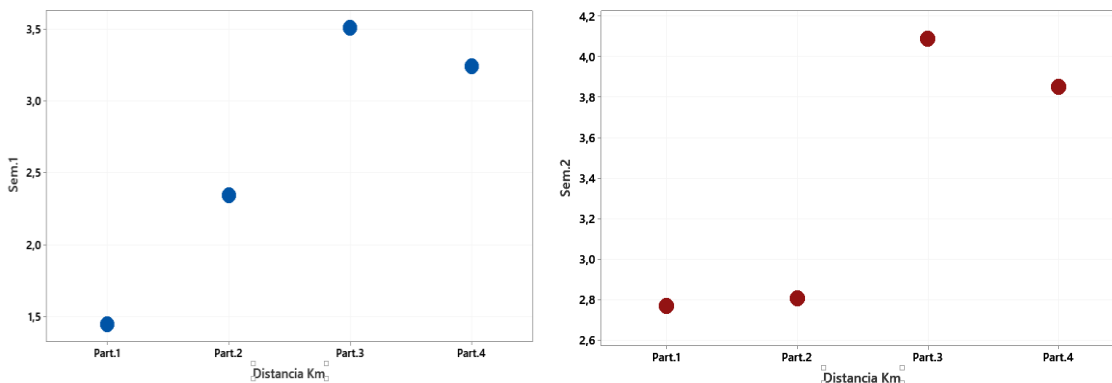


Figura 40. Diagrama individual Distancia Semana1-Semana2.

*Fuente: Autor.*

En la Figura 41 se puede observar que mediante el entrenamiento realizado durante una semana ha sido fundamental para que cada uno de los participantes hayan superado los niveles anteriores, han logrado mejorar las distancias recorridas considerablemente.

- **Velocidad**

La velocidad en cada uno de los jugadores es muy importante independientemente la posición que ocupe. En este caso gracias a los entrenamientos los jugadores alcanzan y mejoran su velocidad, como es el caso del participante 1, en una semana ha podido mejorar notablemente su velocidad de 11,52 a 14,94 km/h.

Cada jugador tiene la responsabilidad de mejorar cada parámetro para estar en óptimas condiciones y desarrollar el 100% de su capacidad física. En la Tabla 25 se puede apreciar estos valores.

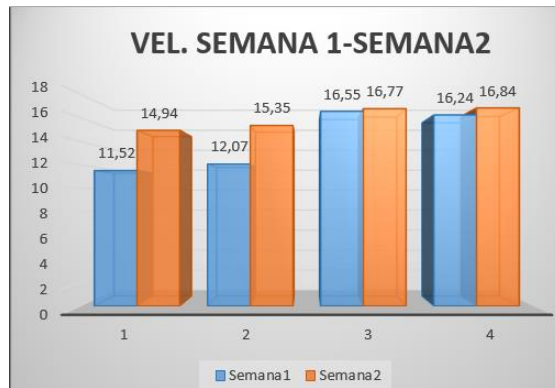


Figura 41. Velocidad Semana1-Semana2

*Fuente: Autor*

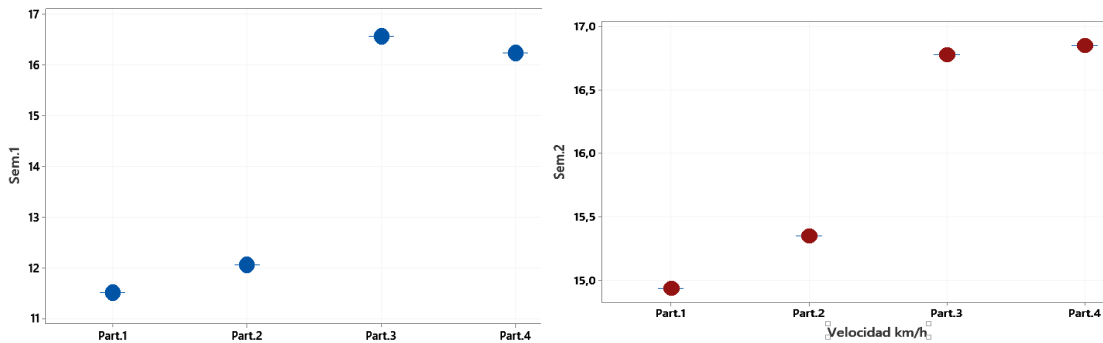


Figura 42. Diagrama de intervalos Velocidad Semana1-Semana2

*Fuente: Autor*



- **Número de Impactos**

En este apartado el número de impactos que recibe cada jugador hace referencia a las desaceleraciones en el jugador, cambia el ritmo de juego, es decir, cambia su velocidad para poder empezar una nueva, así mismo, mejorar la velocidad. El número de impactos recibidos indica también el tipo de juego que se produce, a mayores impactos recibidos, mayor es la intensidad de juego.

Tabla 27. Impactos Semana1-Semana2

N°	Part.1		Part.2		Part.3		Part.4	
	Sem1	Sem2	Sem1	Sem2	Sem1	Sem2	Sem1	Sem2
Impactos	110	131	136	170	213	223	200	218

Mientras más impactos reciba el jugador, indica que tiene más acción de juego, el jugador se vuelve más activo, lucha, pelea, se vuelve en actor principal del juego, haciendo que se caracterice y sea pieza clave para los encuentros deportivos.

En este caso los participantes con mayor accionar durante los entrenamientos son los participantes 3 y 4, quienes han demostrado un cambio a partir del primer día a comparación de los otros participantes, se puede observar claramente en la Figura 44 el número de impactos recibidos tanto en la semana 1 como en la semana 2

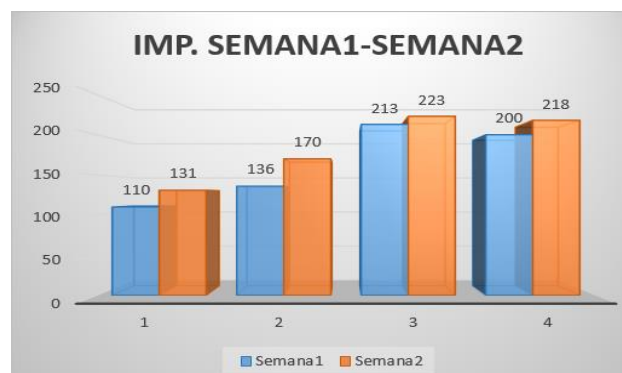


Figura 43. Impactos Semana1-Semana2

*Fuente: Autor*

- **Frecuencia Cardiaca**

La frecuencia cardiaca indica el tipo de trabajo que el jugador realiza, o el estado aeróbico del jugador, también nos indica en que tiempo el jugador se puede recuperar. Es muy importante tener en cuenta las frecuencias cardiacas debido a que si existe un sobre esfuerzo (frecuencia cardiaca mayor de la ideal) el jugador puede sufrir algún daño fisiológico, como, por ejemplo; paros cardiacos y en el peor de los casos muertes súbitas.

Tabla 28. . Frecuencia Cardiaca Semana1-Semana2.

	Part.1		Part.2		Part.3		Part.4	
F.C (pul/min)	Sem1	Sem2	Sem1	Sem2	Sem1	Sem2	Sem1	Sem2
	78	98	91,66	107	114	114	110	119

En la Figura 45 es claro observar la mejoría en el trabajo que cada participante realiza, cabe recalcar que cada jugador puede llegar al 100% de su frecuencia cardiaca, de tal manera que su desempeño sea cada vez mejor. Dentro de los 4 participantes, el participante número 3, es el que más cerca se encuentra de su frecuencia cardiaca ideal, siendo este, el que en mejor condición física se encuentra.

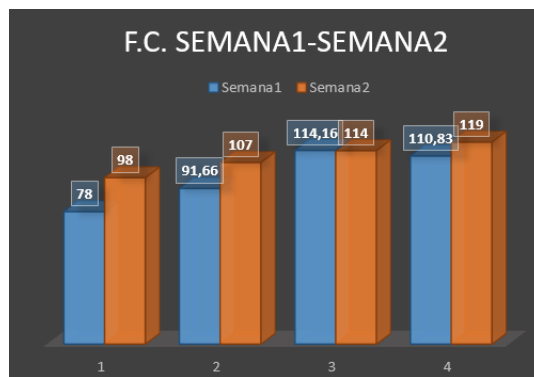


Figura 44. Frecuencia Cardiaca Semana1-Semana2

*Fuente: Autor*

- **Valoración de los participantes método AHP**

Para el método AHP las variables a utilizar son;

- Distancia
- Velocidad

Para ello se ha tomado los intervalos de cada uno de los participantes con sus diferentes distancias y velocidades

Tabla 29. Distancias participantes.

Evaluado	Dist. 1 (Km)	Dist. 2 (Km)	Dist.3 (Km)	Dist.4 (Km)	Dist.5 (Km)	Dist.6 (Km)
<b>Part. 1</b>	0,57	0,74	1,33	2,99	1,93	0,93
<b>Part. 2</b>	0,85	1,48	1,95	3,4	4,2	2,2
<b>Part. 3</b>	1,25	2,70	3,8	5,3	4,7	3,3
<b>Part. 4</b>	0,95	2,20	3,3	4,9	4,2	3,9

Desde la tabla 29, con los datos obtenidos de cada participante se sabrá cual es el participante con mayor rendimiento, gracias a la utilización de graficas en donde resaltara los mayores índices alcanzados durante la prueba de entrenamiento.

En la Figura 46. Se puede apreciar que el participante 3 y 4 son los que mejor se han desempeñado y mejor rendimiento físico poseen

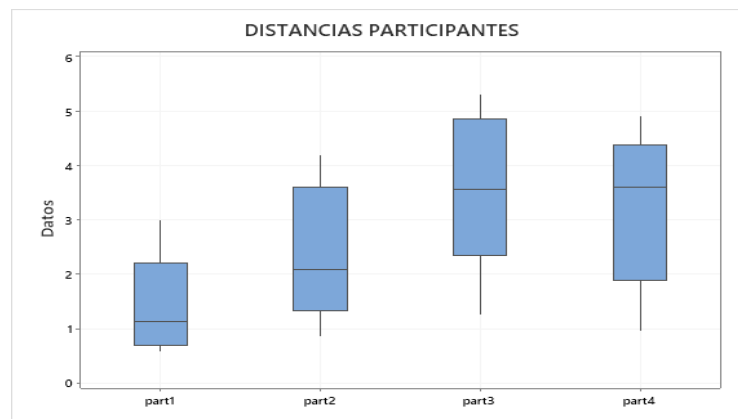


Figura 45. Diagrama de Cajas Mayor distancia recorrida

*Fuente: Autor*

Para la valoración, también se ha tomado en cuenta la variable de la velocidad, este modelo resalta y aprecia aquel participante que obtenga las mayores velocidades durante su recorrido.

Tabla 30. Velocidades participantes.

<b>Evaluado</b>	<b>Sprint 1</b> <b>(km/h)</b>	<b>Sprint 2</b> <b>(km/h)</b>	<b>Sprint 3</b> <b>(km/h)</b>	<b>Sprint 4</b> <b>(km/h)</b>	<b>Sprint 5</b> <b>(km/h)</b>	<b>Sprint 6</b> <b>(km/h)</b>
<b>Part. 1</b>	5,04	6,84	11,88	21,24	15,84	8,28
<b>Part. 2</b>	6,48	8,28	11,6	12,24	22,32	11,52
<b>Part. 3</b>	8,28	10,32	15,4	26,32	20,5	18,52
<b>Part. 4</b>	7,82	11,23	16,2	24,67	19,71	17,83

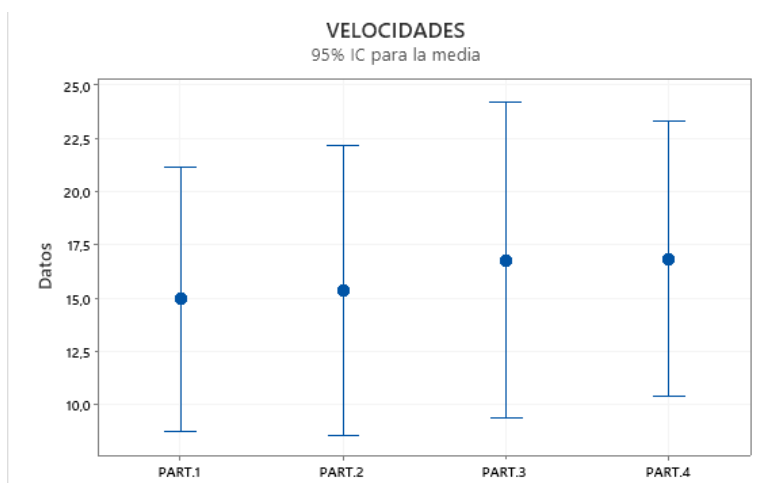


Figura 46. Velocidades

*Fuente: Autor*

Al igual que las distancias, los participantes 3 y 4 son los que han alcanzado las mayores velocidades siendo estos 26 y 24 km/h, dando como resultado un excelente estado físico, con capacidades propias para poder enfrentar partidos con altas intensidades. En las Figuras 47 y 48 se aprecia de mejor manera los índices alcanzados por los jugadores

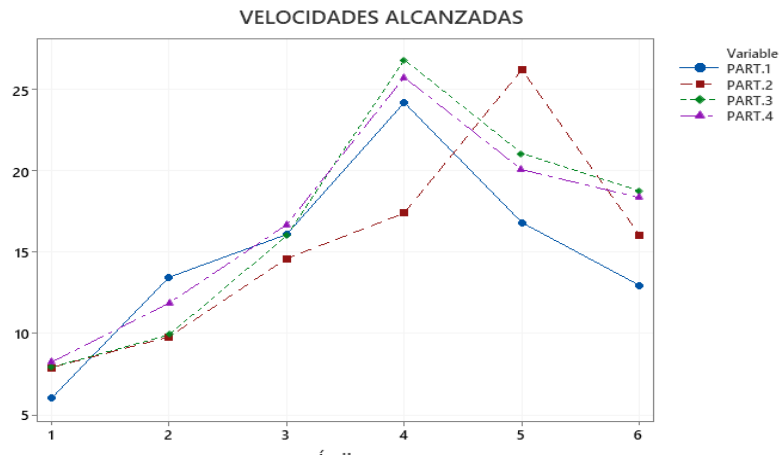


Figura 47. Velocidades

Fuente: Autor

Otra variable a diferencia de la distancia y velocidad es el VO<sub>2</sub> Max, este indica la cantidad de oxígeno que el jugador percibe, también es un indicador sobre el rendimiento físico, el cual es de suma importancia en el momento de realizar el análisis.

**PART1** VO<sub>2</sub>Max = 68,04 ml/kg/min

**PART2** VO<sub>2</sub>Max = 70,44 ml/kg/min

**PART3** VO<sub>2</sub>Max = 77,47 ml/kg/min

**PART4** VO<sub>2</sub>Max = 79,17ml/kg/min

Tabla 31. Media de datos semana1 vs semana2.

	Distancia (km)		Velocidad (km/h)		Núm. Imp.		F.C		VO2 max	
	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 1	Sem. 2
<b>Part.1</b>	1,45	2,773	11,52	14,94	18,33	21,83	78,00	98,00	47,89	68,04
<b>Part.2</b>	2,347	2,810	12,07	15,35	22,67	28,33	91,67	107,67	51,23	70,44
<b>Part.3</b>	3,508	4,088	16,56	16,78	35,50	37,17	114,17	122,3	77,47	77,47
<b>Part.4</b>	3,242	3,853	16,24	16,85	33,33	36,33	110,83	119,50	76,27	79,17

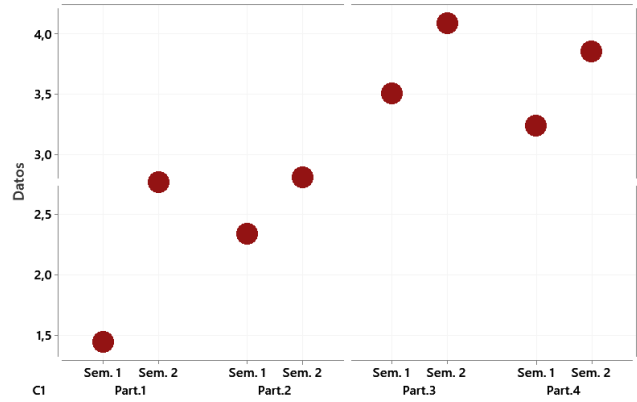


Figura 48. Comparación Distancia semana 1-semana 2  
*Fuente: Autor*

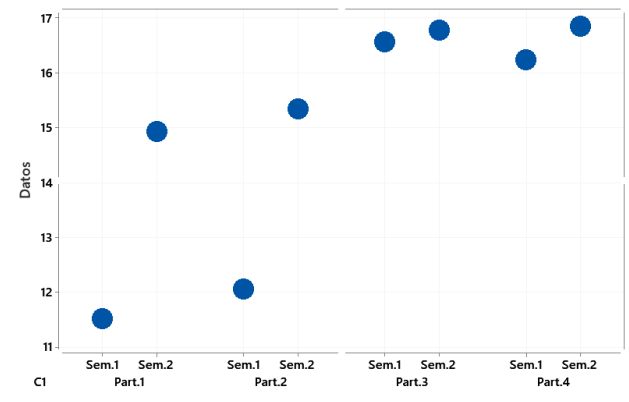


Figura 49. Comparación Velocidad semana 1-semana 2  
*Fuente: Autor*

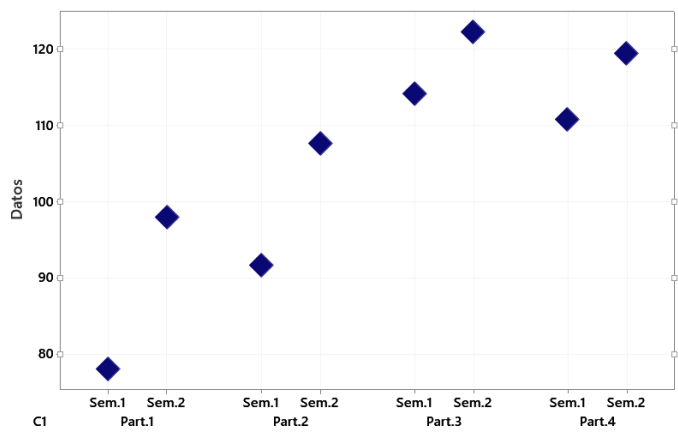


Figura 50. Comparación Frecuencia Cardiaca semana 1-semana 2  
*Fuente: Autor*

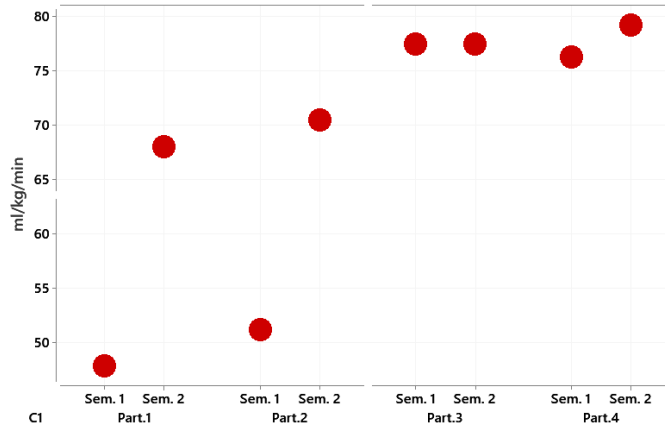


Figura 51. Comparación Vo2 max semana 1-semana 2

*Fuente: Autor*

A partir de los datos de la tabla 31 los expertos en el proceso de cuantificar los resultados por medio del Proceso Analítico Jerárquico “AHP” indican que el jugador o el participante número 4, quien ha superado o ha alcanzado niveles superiores con respecto a los otros participantes. Se recomienda que se debe trabajar con más intensidad para poder alcanzar o superar los datos anteriores, es necesario recalcar y tener énfasis en lo concerniente a la frecuencia cardiaca de cada jugador, ya que deben alcanzar la frecuencia ideal. El Vo2 máx. es el punto en el que se detectó que el jugador numero 4 tuvo más esfuerzo durante la semana 1 y la semana 2 dando como resultado el participante más destacable y con buen rendimiento físico.

## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1.1. CONCLUSIONES

- Al término del presente proyecto de investigación fue posible implementar un sistema que permita evaluar tanto el rendimiento físico del deportista como ciertos aspectos fisiológicos que influyen en el accionar dentro de una competición, cumpliendo así con el objetivo general de este proyecto.
- El proyecto de investigación se desarrolló con el IDE de programación de arduino, utilizando módulos ESP8266 y ESP32 de tal manera que los componentes electrónicos se adapten fácilmente a sus tarjetas de programación.
- Se estudió el comportamiento de ciertos componentes electrónicos enfocados en el aspecto fisiológico. Estos componentes necesitan ser calibrados o reajustados, para un correcto funcionamiento y una buena lectura de datos.
- Los aspectos físicos como los fisiológicos son importantes en el rendimiento físico de los jugadores, ya que permiten conocer muy de cerca parámetros como; distancia, velocidad, frecuencia cardíaca, entre otros.
- El análisis de la frecuencia cardíaca es muy importante en esta investigación, debido a que se puede saber si el o los participantes se acercan al valor máximo de la frecuencia cardíaca, teniendo en cuenta la ecuación 3.
- Los datos generados del estado de los participantes por cada variable se realizan mediante una transmisión cliente-servidor, el cual lee los datos, los recibe y es almacenado en una base de datos
- Para la cuantificación de los datos, se ha usado el modelo AHP, el cual toma las variables de distancia, velocidad y VO2 para hacer una valoración y una comparación con los diferentes participantes y saber su rendimiento
- El rendimiento de los participantes mejora a medida que sus entrenamientos vayan avanzando, esto se puede observar gracias a los resultados y comparaciones entre la semana 1 y semana 2



### **5.1.2. RECOMENDACIONES**

- Es necesario tener en cuenta las especificaciones indicadas en las hojas de datos de cada dispositivo electrónico, esto permitirá que los dispositivos funcionen de forma adecuada y no sufran daños por conexiones, sobrecargas.
- Al ser este proyecto escalable, se desea que tenga una mejora continua por lo que se recomienda tener interés en este tema a los futuros investigadores, siendo capaces de integrar otros aspectos que crean importantes para la evaluación del rendimiento deportivo, como, por ejemplo: saltos, numero de pases, disparos al arco, etc.
- Es recomendable integrar o estudiar componentes que se adapten a las condiciones climáticas (caso de lluvias), debido a que si alguna tarjeta tiene contacto con algún líquido esta pueda quemarse.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alves Mendes, J. J., Marinho Vieira, M., Piris, M. B., & Stevan Jr, S. L. (2016). Sensor Fusion and Smart Sensor in Sports and Biomedical Applications. *sensors*, 31.
- Andalucía, J. d. (2017). *La Velocidad*.
- Aznar Bellver, J., & Guijarro Martinez, F. (2017). *NUEVOS MÉTODOS DE VALORCIÓN*. Valencia: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- AZNAR, J., & ESTRUCH, V. (2015). *APLICACIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO A LA VALORACIÓN DE FUTBOLISTAS*. SPAIN.
- Basanta Barro, F., & Fernández Díaz , M. L. (s.f.). *efmasa*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/efmasa/frecuencia-cardiaca>
- Benitez Sillero, Muñoz Herrera, & Morente Montero. (2015). CAPACIDADES FISICAS EN JUGADORES DE FUTBOL FORMATIVO DE UN CLUB PROFESIONAL. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*.
- Bernal Reyes, F., Peralta Mendivi, A., Gavotto Nogales, H. H., & Placencia Camacho, L. (2014). PRINCIPIOS DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO PARA LA MEJORA DELAS CAPACIDADES FISICAS. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*.
- Cristina1128. (28 de Mayo de 2015). *slideshare*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/Cristina1128/ecuador-connuevatipologadeaccidentesdetransito>
- CV, A. E. (09 de 01 de 2017). *AG Electrónica*. Obtenido de <https://hardtofind.com.mx/pdfs/textos/E/ESP-01S.PDF>
- DEPORTE, M. D. (2011). *Memorias del deporte: Fútbol*. Ecuador: OCHOYMEDIO.
- desfibrilador. (2019). *desfiibilador*. Obtenido de desfibrilador: [desfiibilador.com/category/deportes](https://desfiibilador.com/category/deportes)

- FM, Y. (03 de 08 de 2018). *Xataka Basics*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Galeote, G. (2017). *Analog ECG controlled by Arduino to monitor cardiac parameters*. Málaga. *Geek Factory*. (2018). Obtenido de Geek Factory: <https://www.geekfactory.mx>
- Inga Ortega, E. (2019). *Aplicaciones e innovación de la ingeniería en ciencia y tecnología*. Quito: Abya-Yala.
- Leantec.ES, E. d. (18 de Enero de 2016). Obtenido de Leantec.ES: <https://leantec.es/tutorial-arduino-acelerometro-giroscopo-mp/>
- Llamas, L. (29 de Octubre de 2016). *Luis LLamas*. Obtenido de [luisllamas.es/arduino-y-el-termometro-infrarrojo-a-distancia-mlx90614/](http://luisllamas.es/arduino-y-el-termometro-infrarrojo-a-distancia-mlx90614/)
- Ortigosa Marquez, J. M. (2016). *Factores fisiológicos asociados al rendimiento deportivo*. Málaga.
- Pallás Areny, R. (2017). *LA ELECTRONICA EN EL DEPORTE*. Catalunya-España.
- Pedroza Santiago, E. A., Quintana López, M., Orozco Aguirre, H. R., & Landassuri Moreno, V. M. (25 de 05 de 2018). *Clasificación de jugadores de futbol soccer basada en sus habilidades deportivas, físicas y mentales*. Obtenido de Research in Computing Science: <https://www.rcs.cic.ipn.mx/>
- Sáez Pastor, F., & Gutiérrez Sanchez, Á. (2007). LOS CONTENIDOS DE LAS CAPACIDADES CONDICIONALES EN LA EDUCACION FISICA. *Revista de Investigacion en Educacion*, n°4, 46-50.
- Saw, A., Main, L., & Gatin, P. (2015). *Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review*. Australia.

- Suarez Polo, C. J., & Peregrina Ochoa, M. E. (s.f.). *Regulación Automática del Estrés de un Conductor de Automóvil*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/rauteccinvestav/experimentacin/sensor-de-pulso-cardiaco>
- Taipe Mena, G. E. (2017). *MODELIZACION METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE UN DEPORTISTA DE ALTO RENDIMIENTO EMPLEANDO REDES DE SENSORES INALAMBRICOS(WSN)*. SANGOLQUI.
- T-Bem. (23 de Mayo de 2017). Obtenido de <https://teslabem.com/sensores/mlx90614-temperatura-infrarroja/>
- Valencia, D. (2017). *Aplicación del modelo AHP en la valoración de futbolistas profesionales*. Bucaramanga.
- Vales Alonso, J., Navarro Hellin, ONORIO, Martínez Álvarez, R., Duro Fernández, R., López Matencio, P., Baños Guirao, P. J., . . . Gil Castiñeira, F. (2010). *Ambient Intelligence Systems for Personalized Sport Training*. *sensors*.
- Viru, A., & Viru, M. (2003). *ANALISIS Y CONTROL DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO*. ESTONIA: PAIDOTRIBO.
- Vizueté, J. J. (2017). *ENTRENAMIENTO DE LA VELOCIDAD EN LOS DEPORTES COLECTIVOS*. CEDE Centro de Estudios de Deportes de Equipo.
- Yanque, J. (22 de Agosto de 2016). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/321852334/Metodologia-de-La-Investigacion-metodos-Consulta>

## ANEXOS

### ANEXO 1

```
//Sensor Pulso
pulse=analogRead(34);
//Sensor Co
adc_MQ = analogRead(35);
if (adc_MQ<410){
  v_ppm=20;
}else{
  v_ppm=0.568*adc_MQ-212.9;
}
```

Figura 52. Código De Arduino Para Sensor de ritmo Cardiaco

*Fuente: Autor*

### ANEXO 2

```
...
if (i<=10){
  if (Lat2!=0){
    Lat1=Lat2;
    Lon1=Lon2;
    i=i+1;
  }
}

/Serial.println("Calculo de distancias");
Lat1_rad=Lat1*3.141592/180.0;Long1_rad=Lon1*3.141592/180.0;
Lat2_rad=Lat2*3.141592/180.0;Long2_rad=Lon2*3.141592/180.0;
float A_Lat=Lat2_rad-Lat1_rad;
float A_Long=Long2_rad-Long1_rad;
float a = sin(A_Lat/2.0)*sin(A_Lat/2.0);
float b = sin(A_Long/2.0)*sin(A_Long/2.0);
float c = a+(cos(Lat1_rad)*cos(Lat2_rad)*b);
float t=sqrt(c);
float d=(2.0*r*asin(t))*1000.0;
int dist=d;|
```

Figura 53. Código para el cálculo de distancias y velocidad

*Fuente: Autor*

### ANEXO 3

```

void loop() {
  WiFiClient client = server.available();
  if (!client) {return;}
  //Sensor Choque
  if (digitalRead (sensor) == LOW ){
    n_choques=n_choques+1;
    delay(10);
  }
}

```

Figura 54. Código sensor de impactos.

*Fuente: Autor*

## ANEXO 4

```

void loop() {
  client.connect(server, 80);
  String answer = client.readStringUntil('\r');
  client.flush();
  client.stop();
  String Lat1 = s.separa(answer, ',', 0);
  String Lon1 = s.separa(answer, ',', 1);
  String Lat2 = s.separa(answer, ',', 2);
  String Lon2 = s.separa(answer, ',', 3);
  String Dist = s.separa(answer, ',', 4);
  String Velo = s.separa(answer, ',', 5);
  String CH = s.separa(answer, ',', 6);
  String Co = s.separa(answer, ',', 7);
  String Pulse= s.separa(answer, ',', 8);

  if (Serial.available()>0) {
    Data=Serial.read();
    if (Data=='A') {
      Serial.println(Dist);
    }
    if (Data=='B') {
      Serial.println(Velo);
    }
    if (Data=='C') {
      Serial.println(CH);
    }
    if (Data=='D') {
      Serial.println(Co);
    }
    if (Data=='E') {
      Serial.println(Pulse);
    }
  }
  delay(100);
}

```

Figura 55. Recepción De Datos

*Fuente: Autor*

## ANEXO 5



Figura 56. Pruebas sensor de frecuencia cardiaca

*Fuente: Autor*

## ANEXO 6

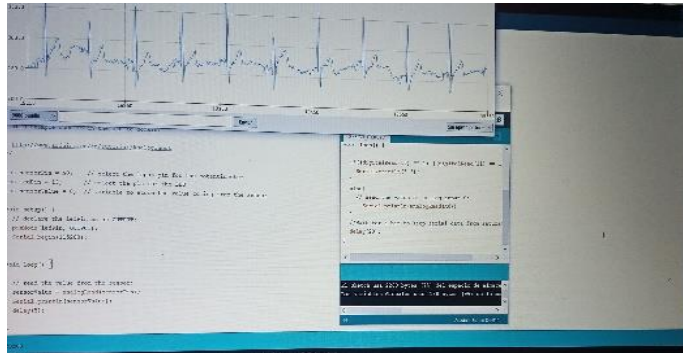


Figura 57. Lectura del código de frecuencia cardiaca.

*Fuente: Autor*

## ANEXO 7



Figura 58. GPS Neo 7m

*Fuente: Autor*

## ANEXO 8



Figura 59. Sensor CO2

*Fuente: Autor*

## ANEXO 9

```
writeline(app.s,"A");%Solicitar Valor "DISTANCIA"
pause(0.2)
data = readline(app.s);%Recibir Dato
app.DISTANCIAEditField.Value=str2num(data);
writeline(app.s,"B");%Solicitar Valor "VELOCIDAD"
pause(0.2)
data = readline(app.s);%Recibir Dato
app.SPEEDKmhEditField.Value=str2num(data);
writeline(app.s,"C");%Solicitar Valor "CHOQUES"
pause(0.2)
data = readline(app.s);%Recibir Dato
app.CHOQUESEditField.Value=str2num(data);
writeline(app.s,"D");%Solicitar Valor "CO"
pause(0.2)
data = readline(app.s);%Recibir Dato
app.CO2EditField.Value=str2num(data);
writeline(app.s,"E");%Solicitar Valor "PULSACIONES"
pause(0.2)
data = readline(app.s);%Recibir Dato
app.BPMEditField.Value=str2num(data);
app.muestrasEditField.Value=i;
x=0:1:i;
plot(app.UIAxes, x,app.DISTANCIAEditField.Value,'*g');
plot(app.UIAxes2,x,app.SPEEDKmhEditField.Value,'*r');
plot(app.UIAxes3,x,app.CHOQUESEditField.Value,'*b');
plot(app.UIAxes4,x,app.CO2EditField.Value,'*m');
%pause(0.5)
```

Figura 60. Solicitud de datos

*Fuente: Autor*



## ANEXO 10

```
POSICIONES=[app.DISTANCIAEditField.Value app.SPEEDKmhEditField.  
xlswrite('datos.xls',{ 'DISTANCIA' } , 'Sheet1', 'A1');  
xlswrite('datos.xls',{ 'VELOCIDAD' } , 'Sheet1', 'B1');  
xlswrite('datos.xls',{ 'N_CHOQUES' } , 'Sheet1', 'C1');  
xlswrite('datos.xls',{ 'CANTIDAD CO' }, 'Sheet1', 'D1');  
xlswrite('datos.xls',{ 'PULSACIONES' }, 'Sheet1', 'E1');  
j=i+1;  
s1 = 'A';  
s2 = string(j);  
A = strcat(s1,s2);  
xlswrite('datos.xls',POSICIONES,'Sheet1',A); % Escribe en excel
```

Figura 61. Almacenamiento de datos

*Fuente: Autor*

## ANEXO 11



Figura 62. Presentación de la interfaz

*Fuente: Autor*

## Anexo 12



Figura 63. chaleco final con dispositivos

*Fuente: Autor*

## Anexo 13



Figura 64. Chaleco final Pruebas estadio Pascual Bison STAR

*Fuente: Autor*

## Anexo 14

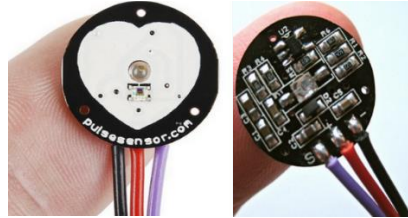


Figura 65. XD-58C Sensor de Pulso Cardíaco  
*Fuente:* (Suarez Polo & Peregrina Ochoa , s.f.)

## Anexo 16

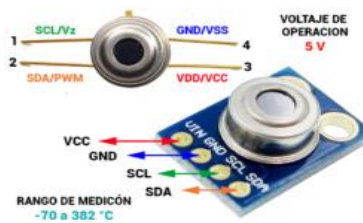


Figura 66. Sensor de temperatura infrarrojo  
*Fuente:* (T-Bem, 2017)

## Anexo 17



Figura 67. Sensor MPU 6050-Acelerómetro  
*Fuente:* (Leantec.ES, 2016)

## Anexo 18



Figura 68. Sensor MQ135  
*FUENTE:* Autor

## Anexo 19



Figura 69. GPS NEO GM

*FUENTE:* (Geek Factory, 2018)