



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO  
ELECTRÓNICO IOT APLICABLE A LA MEDICIÓN Y REGISTRO  
DE PARÁMETROS EN PRUEBAS DE VELOCIDAD EN EL ÁREA  
DE ATLETISMO”.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**AUTORES: ERICK ALEXANDER SILVA REYES**

**ROSA DELIA QUITO TENELEMA**

**DIRECTOR: Ing. JOSÉ LUIS MORALES GORDON**

Riobamba – Ecuador

2023

**©2023, Erick Alexander Silva Reyes, Rosa Delia Quito Tenelema**

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

Nosotros, Erick Alexander Silva Reyes y Rosa Delia Quito Tenelema, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de noviembre de 2023



**Erick Alexander Silva Reyes**  
**0605674209**



**Rosa Delia Quito Tenelema**  
**1751989003**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO IOT APLICABLE A LA MEDICIÓN Y REGISTRO DE PARÁMETROS EN PRUEBAS DE VELOCIDAD EN EL ÁREA DE ATLETISMO”**, realizado por el señores: **ERICK ALEXANDER SILVA REYES Y ROSA DELIA QUITO TENELEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing. Diego Fernando Veloz Chérrez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

FIRMA	FECHA
	2023-11-16

Ing. José Luis Morales Gordon  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

	2023-11-16
--------------------------------------------------------------------------------------	------------

Ing. José Enrique Guerra Salazar  
**ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

	2023-11-16
--------------------------------------------------------------------------------------	------------

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a la memoria de mi madre Patricia Reyes, quien siempre creyó en mis sueños académicos y me inspiró a seguir adelante a pesar de los desafíos. A mis padres, quienes me inculcaron desde temprana edad el valor de la educación y el esfuerzo. A mis hermanos y tías, por su apoyo incondicional a lo largo de esta travesía académica. Agradezco a mis amigos por sus momentos de distracción y alegría, que equilibraron las largas horas de estudio. A mis profesores y mentores, por compartir su sabiduría y guía durante este proceso. A todos los que de alguna manera contribuyeron a mi desarrollo académico, esta tesis es un tributo a su influencia en mi vida.

Erick

Para el ser que es mi constante compañía a lo largo de la vida, Dios. Para mis amados padres Simona y José que son mis ángeles en la tierra, siendo mi luz y guía, que me han dado fuerza en los momentos difíciles y han celebrado conmigo los días de gozo, para mis hermanos Luis, María, Miguel, Martha, Juan y José con quienes he vivido miles de aventuras y aprendido en cada una de ellas.

Rosa

## AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento va dirigido a mi familia, quienes han sido la fuente de mi inspiración y el sostén de todo mi camino académico. A mi padre “Hernán Silva”, por su amor incondicional, su sacrificio y su constante aliento. A mis hermanos “Iván y Ronny”, tías “Lilian, María y Silvia” y abuelitos “Luis y María”, por su apoyo emocional y comprensión durante esta etapa desafiante. A todos ustedes, gracias por creer en mí y por ser mi motivación constante. Este logro es también suyo.

Erick

A mi Padre, quien ha sido mi compañía incondicional en todo el periodo de mi vida académica fuera de casa, a mis queridos padres Simona y José que son el vivo ejemplo de que con perseverancia y esfuerzo se pueden lograr las metas establecidas, a mis hermanos Luis, María, Miguel, Martha, Juan y José por su cariño y apoyo. A mi hermana que la vida me regalo Evelyn por sus consejos en los momentos de quebranto. A mis estimados profesores quienes sin saberlo han dejado una huella imborrable en mi vida con sus valiosas enseñanzas. A todos ustedes, gracias de todo corazón.

Rosa

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1	Antecedentes .....	3
1.2	Planteamiento del problema.....	4
1.3	Justificación .....	5
1.4	Objetivos .....	8
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	8
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	8
1.5	Métodos y técnicas.....	9

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO .....	10
2.1	La velocidad en el atletismo .....	10
2.2	Principios del entrenamiento de velocidad .....	12
2.3	Pruebas y métodos utilizadas en test de velocidad .....	14
2.3.1	<i>Pruebas de sprint de distancia corta</i> .....	15
2.3.2	<i>Métodos para pruebas de velocidad</i> .....	16
2.3.2.1	<i>Test de velocidad cronometrados</i> .....	17
2.4	El cronometro como instrumento de medición en pruebas de velocidad.....	18

2.5	Errores de apreciación.....	19
2.6	Sistemas comerciales existentes en el mercado a nivel mundial.....	20
2.7	Sistemas comerciales a nivel nacional y provincial .....	24
2.8	Selección de tecnologías y componentes. ....	26
2.8.1	<i>Tecnologías inalámbricas para la comunicación</i> .....	26
2.8.2	<i>Tecnologías para la identificación de usuarios</i> .....	30
2.8.3	<i>Sensores</i> .....	31
2.8.4	<i>Tarjetas de desarrollo</i> .....	34
2.8.5	<i>Batería</i> .....	36
2.8.6	<i>Software para la programación de las Tarjetas de desarrollo</i> .....	38
2.8.7	<i>Software para desarrollo de aplicaciones móviles.</i> .....	39
2.8.8	<i>Base de datos</i> .....	41

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	43
3.1	<b>Requerimientos del módulo electrónico</b> .....	43
3.2	<b>Concepción de la estructura global del sistema</b> .....	44
3.3	<b>Desarrollo del sistema del prototipo electrónico</b> .....	46
3.3.1	<i>Bloque de adquisición</i> .....	47
3.3.2	<i>Bloque recepción</i> .....	47
3.3.3	<i>Bloque de administración y visualización</i> .....	48
3.4	<b>Selección y descripción de los elementos hardware</b> .....	49
3.4.1	<i>TF02-Pro Lidar sensor 131.2 ft</i> .....	49
3.4.2	<i>Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA con antena</i> .....	50
3.4.3	<i>Display OLED 0.91" I2C 128*32 SSD1306</i> .....	51
3.4.4	<i>Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)</i> .....	52
3.4.5	<i>Arduino Nano</i> .....	53
3.4.6	<i>Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI</i> .....	54
3.4.7	<i>Batería para prototipo electrónico</i> .....	55

3.5	Diagrama de comunicación del prototipo electrónico.....	57
3.5.1	<i>Diagrama de comunicación del nodo central</i> .....	57
3.5.2	<i>Diagrama de comunicación del nodo de transmisión</i> .....	62
3.6	Software de desarrollo del módulo electrónico.....	64
3.7	Base de datos en Firebase .....	65
3.8	Programación de los nodos del módulo electrónico .....	66
3.8.1	<i>Programa que se ejecuta en el módulo central, receptor – concentrador</i> .....	67
3.8.2	<i>Programa que se ejecuta en el nodo de transmisión</i> .....	69
3.8.3	<i>Programa que se ejecuta en la Aplicación</i> .....	70
3.9	Sistema para gestionar y mostrar información .....	75
3.10	Diseño de las carcasas de los nodos central y de transmisión .....	78

## CAPÍTULO IV

4.	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	82
4.1	<b>Consideraciones generales</b> .....	82
4.1.1	<i>IBM SPSS</i> .....	84
4.2	<b>Pruebas de funcionamiento</b> .....	84
4.2.1	<i>Validación de sensores</i> .....	84
4.2.1.1	<i>Validación del Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)</i> .....	85
4.2.1.2	<i>Validación del sensor TF02-Pro Lidar 131.2 ft</i> .....	87
4.2.2	<i>Validación del prototipo</i> .....	89
4.3	<b>Pruebas de laboratorio</b> .....	91
4.3.1	<i>Prueba de comunicación</i> .....	91
4.3.2	<i>Integridad de la información</i> .....	94
4.3.3	<i>Prueba de la función de inscripción de usuarios</i> .....	96
4.3.4	<i>Prueba de la corriente consumida</i> .....	97
4.3.4.1	<i>Demanda de corriente eléctrica del nodo central y de transmisión</i> .....	97
4.3.4.2	<i>Demanda de corriente eléctrica del módulo central</i> .....	98
4.3.5	<i>Duración de la recarga y descarga de la batería</i> .....	99

<b>4.4</b>	<b>Funcionamiento general del módulo electrónico.....</b>	<b>100</b>
<b>4.5</b>	<b>Análisis económico.....</b>	<b>102</b>

## **CAPÍTULO V**

<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>5.2</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>108</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Clasificación del deporte según Bounet (1968).....	5
<b>Tabla 2-1:</b> Clases de velocidad .....	11
<b>Tabla 2-2:</b> Métodos de test de velocidad .....	16
<b>Tabla 2-3:</b> Clases de test de velocidad cronometrada.....	17
<b>Tabla 2-4:</b> Errores de medición que presenta en test de velocidad cronometrada .....	19
<b>Tabla 2-5:</b> Características de los cronómetros digitales.....	21
<b>Tabla 2-6:</b> Característica del Reloj inteligente.....	22
<b>Tabla 2-7:</b> Característica de la aplicación móvil.....	22
<b>Tabla 2-8:</b> Característica del cronómetro digitales .....	23
<b>Tabla 2-9:</b> Dispositivos existentes en el mercado a nivel mundial .....	23
<b>Tabla 2-10:</b> Dispositivos existentes en el mercado a nivel nacional.....	24
<b>Tabla 2-11:</b> Característica del Cronómetros digitales.....	25
<b>Tabla 2-12:</b> Característica del Cronómetros de pulso .....	25
<b>Tabla 2-13:</b> Cuadro comparativo de tecnologías inalámbricas .....	28
<b>Tabla 2-14:</b> Tecnologías de identificación.....	31
<b>Tabla 2-15:</b> Comparativa de sensores .....	33
<b>Tabla 2-16:</b> Comparativa de tarjetas de desarrollo .....	36
<b>Tabla 2-17:</b> Comparativa de características de los tipos de baterías.....	37
<b>Tabla 2-18:</b> Comparativa de software para tarjetas de desarrollo.....	39
<b>Tabla 2-19:</b> Comparativa de software de aplicaciones móviles.....	40
<b>Tabla 2-20:</b> Comparativa de Base de datos.....	41
<b>Tabla 3-1:</b> Características del sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft.....	50
<b>Tabla 3-2:</b> Características del módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA .....	51
<b>Tabla 3-3:</b> Características del Display OLED 0.91" I2C 128*32 SSD1306.....	52
<b>Tabla 3-4:</b> Características del Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF) .....	53
<b>Tabla 3-5:</b> Características del Arduino Nano.....	54
<b>Tabla 3-6:</b> Características del Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI .....	55
<b>Tabla 3-7:</b> Consumo de corriente estimado en los nodos de transmisión y en el nodo central .....	55
<b>Tabla 3-8:</b> Estimación de la corriente teórica consumida por el módulo central.....	56
<b>Tabla 3-9:</b> Características de la batería Power Bank de 5000 mAh.....	56
<b>Tabla 3-10:</b> Librerías para nodo central.....	67
<b>Tabla 3-11:</b> Librerías para nodo transmisor .....	69
<b>Tabla 3-12:</b> Medidas que constituye la carcasa de los nodos central y de transmisión .....	79

<b>Tabla 3-13:</b> Medidas que constituye las tapas para la carcasa de los nodos central y de transmisión .....	80
<b>Tabla 3-14:</b> Medidas que constituye la carcasa de los nodos central y de transmisión .....	80
<b>Tabla 4-1:</b> Medidas tomadas con el sensor LiDAR TF-Luna y el equipo patrón .....	85
<b>Tabla 4-2:</b> Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de sensor Luna .....	86
<b>Tabla 4-3:</b> Medidas de las muestras tomadas con el sensor TF02-Pro Lidar y el equipo patrón .....	87
<b>Tabla 4-4:</b> Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de sensor Pro .....	88
<b>Tabla 4-5:</b> Medidas de equipo patrón y el prototipo electrónico .....	89
<b>Tabla 4-6:</b> Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de equipo patrón y prototipo electrónico.....	90
<b>Tabla 4-7:</b> Comparación entre la información transmitida desde los nodos de transmisión y la aplicación móvil.....	93
<b>Tabla 4-8:</b> Descripción de datos enviados .....	94
<b>Tabla 4-9:</b> Consistencia de información entre los datos transmitidos y los datos obtenidos. ....	95
<b>Tabla 4-10:</b> Demanda efectiva de corriente en los nodos de transmisión y el central .....	98
<b>Tabla 4-11:</b> Consumo real de corriente en el módulo central. ....	98
<b>Tabla 4-12:</b> Análisis económico del prototipo electrónico .....	103
<b>Tabla 4-13:</b> Comparativa de sistema de cronometraje Timming brover systems y prototipo electrónico.....	104

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b> Velocidades promedios de deportistas.....	6
<b>Ilustración 2-1:</b> Principios del entrenamiento de velocidad .....	12
<b>Ilustración 2-2:</b> Salidas en pruebas atléticas.....	13
<b>Ilustración 2-3:</b> Salida baja.....	13
<b>Ilustración 2-4:</b> Salida Media .....	14
<b>Ilustración 2-5:</b> Salida alta.....	14
<b>Ilustración 2-6:</b> Prueba de velocidad de 10x5 m .....	15
<b>Ilustración 2-7:</b> Test de velocidad cronometrada .....	17
<b>Ilustración 2-8:</b> Pasos para realizar un test de velocidad cronometrada.....	18
<b>Ilustración 2-9:</b> Cronómetro manual .....	19
<b>Ilustración 2-10:</b> SEIKO S056 Stopwatch.....	21
<b>Ilustración 2-11:</b> Garmin Forerunner 945 .....	21
<b>Ilustración 2-12:</b> Runkeeper App .....	22
<b>Ilustración 2-13:</b> Sistema de cronometraje por láser Brower Timming System.....	23
<b>Ilustración 2-14:</b> Cronómetro digital Casio HS-80TW-1DF.....	24
<b>Ilustración 2-15:</b> Cronómetro de pulso Garmin Forerunner 35.....	25
<b>Ilustración 2-16:</b> Tecnologías inalámbricas.....	27
<b>Ilustración 2-17:</b> Sensor capacitivo de proximidad.....	32
<b>Ilustración 2-18:</b> Medición de un sensor ultrasónico .....	32
<b>Ilustración 2-19:</b> Medición de un sensor laser de distancia.....	33
<b>Ilustración 2-20:</b> Tarjetas Arduino .....	34
<b>Ilustración 2-21:</b> Tarjetas Raspberry Pi.....	35
<b>Ilustración 2-22:</b> Tarjetas ESP32.....	35
<b>Ilustración 3-1:</b> Concepción de la estructura global del prototipo.....	46
<b>Ilustración 3-2:</b> Diagrama de bloque del módulo de adquisición.....	47
<b>Ilustración 3-3:</b> Diagrama de bloques de la capa de control y recepción .....	48
<b>Ilustración 3-4:</b> Diagrama de bloques de gestión, visualizador y almacenamiento de información. .....	49
<b>Ilustración 3-5:</b> Sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft .....	49
<b>Ilustración 3-6:</b> Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA con antena .....	50
<b>Ilustración 3-7:</b> Display OLED 0.91" I2C 128*32 SSD1306 .....	51
<b>Ilustración 3-8:</b> Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF) .....	52
<b>Ilustración 3-9:</b> Arduino Nano .....	53
<b>Ilustración 3-10:</b> Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI .....	54

<b>Ilustración 3-11:</b> Batería Power Bank de 5000 mAh.....	56
<b>Ilustración 3-12:</b> Diagrama de interacción del nodo central .....	58
<b>Ilustración 3-13:</b> Diagrama de interacción del módulo central .....	59
<b>Ilustración 3-14:</b> Diseño de la PCB del nodo central .....	60
<b>Ilustración 3-15:</b> PCB del nodo central .....	60
<b>Ilustración 3-16:</b> Diseño de la PCB del módulo del nodo central .....	61
<b>Ilustración 3-17:</b> PCB del módulo del nodo central .....	61
<b>Ilustración 3-18:</b> Diagrama de interacción de los nodos de transmisión.....	63
<b>Ilustración 3-19:</b> Diseño de la PCB de los nodos de transmisión.....	63
<b>Ilustración 3-20:</b> PCB de los nodos de transmisión.....	64
<b>Ilustración 3-21:</b> Pasos para establecer la conexión entre la base de datos y la ESP8266 Wemos D1 Mini .....	66
<b>Ilustración 3-22:</b> Diagrama de flujo del módulo central .....	68
<b>Ilustración 3-23:</b> Diagrama de flujo de los módulos transmisión.....	70
<b>Ilustración 3-24:</b> Diagrama de flujo de inicialización App .....	71
<b>Ilustración 3-25:</b> Librerías de App .....	71
<b>Ilustración 3-26:</b> Diagrama de flujo del registro de usuario.....	72
<b>Ilustración 3-27:</b> Diagrama de flujo de la pantalla modo de acceso.....	72
<b>Ilustración 3-28:</b> Diagrama de flujo – pantalla de selección y configuración de parámetros de la prueba.....	74
<b>Ilustración 3-29:</b> Interfaz modo entrenador.....	76
<b>Ilustración 3-30:</b> Interfaz modo atleta .....	77
<b>Ilustración 3-31:</b> Diseño de la carcasa de los nodos central y de transmisión.....	78
<b>Ilustración 3-32:</b> Dimensiones de la carcasa de los nodos central y de transmisión .....	78
<b>Ilustración 3-33:</b> Dimensiones de la carcasa de los nodos central y de transmisión .....	79
<b>Ilustración 3-34:</b> Dimensiones de la carcasa del módulo central .....	80
<b>Ilustración 3-35:</b> Diseño físico de los nodos .....	81
<b>Ilustración 4-1:</b> Prototipo electrónico para la medición y registro de parámetros en pruebas de velocidad .....	82
<b>Ilustración 4-2:</b> Curva de distribución t sensor Luna .....	87
<b>Ilustración 4-3:</b> Curva de distribución t sensor Pro .....	89
<b>Ilustración 4-4:</b> Vigilancia de los datos transmitidos por los nodos de transmisión a través del monitor en serie para la evaluación de la comunicación.....	91
<b>Ilustración 4-5:</b> Visualización de datos desde la aplicación móvil.....	92
<b>Ilustración 4-6:</b> Información previa registrada en el informe en formato PDF generado a partir de la aplicación móvil. ....	93
<b>Ilustración 4-7:</b> Credibilidad de los datos.....	96

<b>Ilustración 4-8:</b> Comparación de Información. ....	97
<b>Ilustración 4-9:</b> Aplicación práctica del prototipo electrónico en sesiones de entrenamiento. ....	100
<b>Ilustración 4-10:</b> Conexión a la red WiFi, instalación y encendido del prototipo electrónico ....	101
<b>Ilustración 4-11:</b> Pruebas de medición de tiempo en el Centro de Educación Física de la ESPOCH. ....	101
<b>Ilustración 4-12:</b> Almacenamiento de información de los deportistas en la aplicación móvil en el Centro de Educación Física de la ESPOCH.....	102
<b>Ilustración 4-13:</b> Sistema de cronometraje Timing Brower Systems .....	104

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** Hoja de datos del sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft
- ANEXO B:** Hoja de datos del módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA con antena
- ANEXO C:** Hoja de datos del Display OLED 0.91" I2C 128\*32 SSD1306
- ANEXO D:** Hoja de datos del Micro sensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)
- ANEXO E:** Hoja de datos del Arduino Nano
- ANEXO F:** Hoja de datos del Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI
- ANEXO G:** Hoja de datos de la Batería Power Bank de 5,000 mAh
- ANEXO H:** Programación en Arduino del nodo central
- ANEXO I:** Programación en Arduino de los nodos de transmisión
- ANEXO J:** Programación en Android Studio de la aplicación
- ANEXO K:** Hoja de datos del celular Redmi11 note
- ANEXO L:** Hoja de datos del equipo patrón
- ANEXO M:** Evidencia de la validación del microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)
- ANEXO N:** Evidencia de la validación del sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft
- ANEXO O:** Prueba de comunicación
- ANEXO P:** Prueba de integridad de información
- ANEXO Q:** Hoja de datos técnicos del Multímetro digital Fluke 115
- ANEXO R:** Prueba de usabilidad
- ANEXO S:** Resultados de las pruebas a través de software IBM SPSS Statistics

## RESUMEN

El atletismo ocupa un lugar preponderante en el deporte, abarcando una variedad de disciplinas como las carreras de velocidad, donde se requieren dispositivos y herramientas tecnológicas accesibles que permitan la medición y registro de tiempos con alta precisión. En Ecuador, la mayoría de los centros deportivos utilizan cronómetros manuales para medir los tiempos en las pruebas de velocidad, aunque son precisos existen ciertos factores que afectan los tiempos capturados, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de integración curricular fue diseñar y construir un prototipo electrónico IoT aplicable a la medición y registro de parámetros en pruebas de velocidad en el área de atletismo, constituido por dos nodos. El nodo central y transmisor, con arquitecturas electrónicas similares, incluyen un sensor Lidar Pro-infrarrojo para medir la distancia y otro microsensor Lidar luna que detecta al deportista, la recepción y envío de datos se lo realiza a través de antenas RF. En nodo central utiliza una tarjeta ESP8266 para transmitir información a través de WiFi hacia una base de datos, la cual se visualiza en una aplicación móvil. Las pruebas de alcance y exactitud de los sensores Pro y Luna se realizaron mediante el método estadístico T student, con un nivel de significancia establecido de 0.05, a través del análisis se obtienen una probabilidad asignada de t 0.95 y 0.97 respectivamente. Las pruebas de comunicación confirmaron que la calidad de señal se mantiene sin problemas hasta los 80 metros. En las pruebas de autonomía, la batería puede alimentar al prototipo durante 7 horas, lo que permite llevar a cabo veinte sesiones de entrenamiento con intervalos de 1.45 horas cada una. Estos resultados indican que el prototipo electrónico desarrollado cumple con los requerimientos establecidos para los procesos de entrenamiento y demuestra ser competitivo en comparación con equipos comerciales que presentan características similares.

**Palabras clave:** <INTERNET DE LAS COSAS (IOT) >, <SENSOR (HARDWARE)>, <RADIOFRECUENCIA>, <BASE DE DATOS >, <IDENTIFICACION>, <CÓDIGO QR>, <PRUEBA ESTADÍSTICA T STUDENT>, < HIPOTESIS>.



## ABSTRACT

Athletics holds a prominent place in sport, encompassing various disciplines such as sprinting, where accessible technological devices and tools are required to measure and record times with high precision. In Ecuador, the majority of sports centers use manual stopwatches to measure times in the speed events; although they are accurate, certain factors can affect the recorded times; therefore, the objective of this curricular integration research project was to design and build an IoT electronic prototype applicable for measuring and recording parameters in speed events in the field of athletics, consisting of two nodes, includes a Pro-Infrared Lidar sensor for measuring distance and another Luna Lidar microsensor that detects the athlete. Data reception and transmission are carried out through RF antennas. The central node uses an ESP8266 card to transmit information via WiFi to a database, which is then displayed in a mobile application. The range and accuracy tests of the Pro and Luna sensors were conducted using the Student's t-test, with a predefined significance level of 0.05; through the analysis, assigned probabilities of  $t = 0.95$  and  $0.97$  were obtained, respectively. Communication tests confirmed that the signal quality remains problem-free up to 80 meters. In the autonomy tests, the battery can power the prototype for 7 hours, allowing for the completion of twenty training sessions with intervals of 1.45 hours each. These results indicate that the electronic prototype developed meets the established requirements for training processes and proves to be competitive compared to commercial equipment with similar features.

**Keywords:** <INTERNET OF THINGS (IOT)>, <SENSOR (HARDWARE)>, <RADIOFREQUENCY>, <DATABASE>, <IDENTIFICATION>, <QR CODE>, <STUDENT'S T- TEST>, <HYPOTHESIS>.



Lenin Iyan Lara Olivo

0602546103

## INTRODUCCIÓN

Las nuevas formas de conectividad y comunicación, el uso extendido de dispositivos móviles inteligentes, el análisis de grandes volúmenes de datos (big data) y el desarrollo del Internet de las cosas (IoT), entre otros (Bernate et al., 2022: pp.229-231). Todos estos avances han transformado significativamente la vida de las personas en diversos ámbitos y actividades. Sin embargo, en el ámbito deportivo ha sido un desafío disponer de dispositivos tecnológicos precisos y confiables que permitan la medición de tiempo, velocidad, aceleración y entre otros parámetros, esto ha dificultado la evaluación del rendimiento de los atletas, la comparabilidad de los resultados y la toma de decisiones estratégicas.

Generalmente a nivel mundial el cronómetro manual y digital son los más utilizados para la toma del tiempo en entrenamientos y pruebas de atletismo. El cronómetro manual ofrece una precisión y facilidad de lectura aceptables para ciclos de 0.03 minutos o más. Por otro lado, los relojes digitales con cristales de cuarzo proporcionan una precisión de  $\pm 0.00005$  (Rico, et al., 2005: pp.10-17).

En un estudio realizado por Robertson y Bullen (2020) mencionan que el uso del cronómetro pueden concluir lecturas erróneas por errores humanos, como retraso en el tiempo de reacción y error de apreciación.

La empresa estadounidense Brower Timing Systems desarrolladora de sistemas de cronometraje deportivo inalámbricos y portables, lanza al mercado un sistema de cronometraje óptico denominado Brower TCi tipo trípode ideal para los atletas y entrenadores puedan medir el tiempo, envía datos de radio hasta de 300 metros y tiene una precisión de segundo (0.001), su precio sobrepasa los 1.000 dólares (Power Systems, 2021).

Runkeeper de ASICS es una App lanzada en 2008 como una aplicación de running y monitorización, permite hacer seguimiento de actividades como correr, caminar, montar en bicicleta haciendo uso del GPS de los teléfonos móviles inteligentes. Hasta la actualidad según Google Play cuenta 25 millones de personas que usan esta App. Su versión Premium tiene un valor de 39.99 dólares anuales (ASICS, 2023).

En los centros deportivos a nivel nacional, los entrenadores utilizan tanto cronómetros manuales como digitales. Sin embargo, se ha observado una carencia de dispositivos tecnológicos adecuados para la medición de parámetros durante las pruebas de entrenamiento en el campo del atletismo. Esta falta de equipamiento tecnológico se ha evidenciado en organizaciones como la

Federación Ecuatoriana de Atletismo, la Federación deportiva de Chimborazo y el Centro de Educación Física de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Para elaborar la exposición detallada de este proyecto de integración curricular, se utilizan métodos teóricos para analizar investigaciones relacionadas con las condiciones relevantes del dispositivo, así como para elegir el hardware apropiado. Para llevar a cabo la creación del prototipo, se emplean métodos basados en la experiencia, que abarcan pruebas del dispositivo, y al final se verifica la validez del prototipo conforme a los criterios establecidos. En consecuencia, este informe incluye una introducción, cinco secciones, conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo inicial, titulado "Diagnóstico del problema", se exponen diversos aspectos esenciales que establecen los cimientos para abordar la temática propuesta. Esto incluye antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación teórica y aplicada, así como los objetivos generales y específicos. En el segundo capítulo, identificado como "Marco teórico", se realiza una revisión bibliográfica del tipo pruebas que se llevan a cabo en el atletismo, los instrumentos utilizados para la medición de tiempos, la tecnología y otros componentes relevantes. Esto se hace con el fin de seleccionar la tecnología adecuada para el desarrollo del prototipo y brindar al lector una comprensión de algunos conceptos relacionados con el tema. El capítulo tres, titulado "Marco Metodológico", cubre los elementos esenciales vinculados al progreso físico del prototipo. Esto incluye la definición de los criterios, la formulación y la estructura del diseño, la elección de los componentes tanto hardware como software, y la administración y presentación de los datos. En la última sección, el capítulo cinco se ocupa de la autenticación del prototipo, donde se proporciona un análisis exhaustivo de las evaluaciones realizadas para certificar su operatividad precisa.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

El capítulo siguiente aborda la descripción del problema planteado, la justificación teórica y práctica de este, así como también los objetivos, tanto generales como específicos.

#### 1.1 ANTECEDENTES

Los dispositivos electrónicos de test de velocidad para deportistas han sido ampliamente utilizados en el ámbito deportivo para evaluar y mejorar el rendimiento físico de los atletas. Según estudios, estos dispositivos electrónicos son herramientas precisas y efectivas para medir la velocidad y la aceleración de los deportistas, lo que permite a los entrenadores y atletas monitorear su progreso y diseñar programas de entrenamiento específicos (Dugan, 2016).

Con el tiempo, los dispositivos electrónicos de test de velocidad se han extendido a otros deportes como el fútbol, el baloncesto, el béisbol, el hockey sobre hielo y muchos otros. Los entrenadores y los equipos deportivos utilizan los dispositivos electrónicos de test de velocidad para evaluar el estado físico de los atletas, identificar las áreas de mejora, medir el progreso y diseñar programas de entrenamiento específicos (Dugan, 2016).

En la actualidad, hay muchos tipos diferentes de dispositivos electrónicos de test de velocidad para deportistas. Estos incluyen cronómetros electrónicos, sensores de movimiento, cámaras de alta velocidad, sistemas de cronometraje por GPS y muchos otros. Además, se han desarrollado aplicaciones de software para dispositivos móviles que permiten a los atletas y entrenadores medir la velocidad de manera rápida y precisa (Dugan, 2016).

En un estudio realizado por Pareja-Blanco, se comparó la precisión de diferentes dispositivos electrónicos de test de velocidad, incluyendo cronómetros electrónicos, sistemas de cronometraje por GPS y sensores de movimiento. Los resultados del estudio demostraron que los sensores de movimiento proporcionaban la mayor precisión en la medición de la velocidad y la aceleración de los deportistas, mientras que los sistemas de cronometraje por GPS eran menos precisos en las mediciones de velocidad y aceleración en comparación con los otros dispositivos evaluados (Pareja-Blanco, 2016).

En otro estudio realizado por Al Haddad, se evaluaron la precisión y la fiabilidad de un dispositivo de medición de la velocidad en comparación con un sistema de cronometraje por láser en

jugadores de fútbol. Los resultados del estudio demostraron que el dispositivo de medición de la velocidad era más preciso y confiable en la medición de la velocidad y la distancia recorrida en comparación con el sistema de cronometraje por láser (Al Haddad, 2014).

También se realizó en otro estudio realizado por Jensen, se utilizó un dispositivo de medición de la velocidad para evaluar la velocidad y la aceleración de los jugadores de fútbol americano. Los resultados del estudio demostraron que el dispositivo de medición de la velocidad era capaz de detectar diferencias significativas en la velocidad y la aceleración entre los jugadores de diferentes posiciones en el campo (Jensen, 2015).

Además, los dispositivos electrónicos de test de velocidad también pueden ser útiles en la evaluación del entrenamiento de velocidad en los deportistas. En un estudio realizado por Le Meur, se utilizó un dispositivo de medición de la velocidad para evaluar los efectos del entrenamiento de velocidad en corredores de élite. Los resultados del estudio demostraron que el entrenamiento de velocidad mejoró significativamente la velocidad y la aceleración de los corredores, lo que sugiere que el dispositivo de medición de la velocidad puede ser una herramienta útil para evaluar el progreso del entrenamiento de velocidad en los atletas (Le Meur, 2013).

Estos dispositivos electrónicos de test de velocidad para deportistas han demostrado ser muy útiles para mejorar la precisión y la eficacia de los tests de velocidad. Además, también son muy útiles para monitorear el progreso del atleta a lo largo del tiempo, lo que permite a los entrenadores y los atletas establecer objetivos realistas y diseñar programas de entrenamiento específicos.

En conclusión, los dispositivos electrónicos de test de velocidad para deportistas son herramientas importantes para evaluar y mejorar el rendimiento físico de los atletas en una amplia gama de deportes. Los estudios han demostrado que estos dispositivos son precisos y efectivos en la medición de la velocidad y la aceleración de los deportistas, y también son útiles para identificar las áreas de mejora y prevenir lesiones en los atletas. Por lo tanto, estos dispositivos pueden ser de gran ayuda para los entrenadores y los atletas en el diseño de programas de entrenamiento específicos y la mejora del rendimiento deportivo.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cómo Diseñar y construir un prototipo electrónico IoT aplicable a la medición y registro de parámetros en pruebas de velocidad en el área del atletismo?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Los dispositivos electrónicos de test de velocidad son herramientas útiles para medir y evaluar el rendimiento físico de los atletas en diferentes deportes. A través de la evaluación de la velocidad y la aceleración de los deportistas, estos dispositivos pueden ayudar a identificar áreas de mejora en el rendimiento deportivo, prevenir lesiones y optimizar el entrenamiento. En la actualidad existen dispositivos electrónicos como cronómetros electrónicos, sensores de movimiento, cámaras de alta velocidad, sistemas de cronometraje por GPS y muchos otros (Al Haddad, 2014).

Se debe considerar que la velocidad es una de las capacidades más importantes dentro del rendimiento de un deportista. Sabiendo que la velocidad, se trata de un complejo extraordinariamente variado y de capacidades, que se manifiesta de forma diferente en las distintas modalidades cómo se observan a continuación (Voss,1993):

**Tabla 1-1:** Clasificación del deporte según Bounet (1968)

BOUET (1968)	Deporte de combate	Con implementos	Existen contactos físicos, el cuerpo como referencia.
		Sin implementos	
	Deporte de balón o pelota	Colectivos	El balón constituye el factor relacional del deporte.
		Individuales	
	Deportes atléticos y gimnásticos	Atléticos de medición objetiva	Referencia posibilidades del ser humano, gesto técnico importante.
		Gimnásticos de medición subjetiva	
	Deportes en la naturaleza	La referencia común es que se realizan en el medio natural, y conllevan un gran riesgo.	
Deportes mecánicos	Se caracterizan por el empleo de máquinas, que es la que genera la energía y el hombre quien la controla y la dirige		

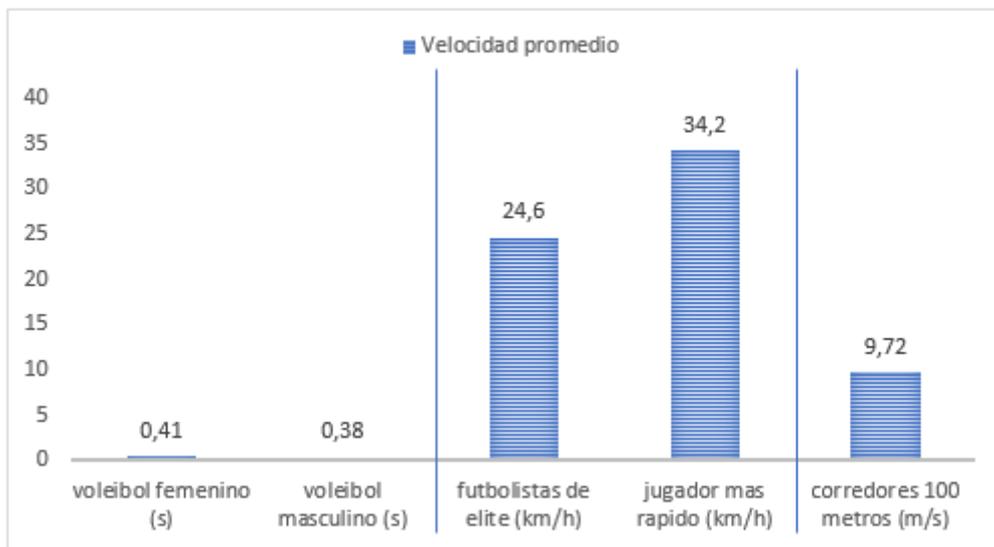
**Fuente:** efdeportes, 2009

**Realizado:** Silva E. & Quito R.

Según la *Tabla 1-1*, los deportes del atletismo, gimnásticos, balón o pelota, se consideran deportes cíclicos (movimiento simple que finaliza en la misma posición donde comenzó y luego vuelve a empezar) cuya prioridad de su entrenamiento se basan en la velocidad y la resistencia. Entonces el entrenador y el deportista se enfocarán en la planificación y monitoreo para mejorar su rendimiento en esos aspectos físicos (Guterman, 2018).

Además, los dispositivos son útiles para identificar áreas específicas de mejora en el rendimiento deportivo de los atletas a través de mediciones más precisas y confiables que las mediciones manuales o visuales, ya que utilizan tecnología avanzada para medir el tiempo y la distancia en tiempo real (Al Haddad, 2014).

En la *Ilustración 1-1* se muestra algunos datos estadísticos relacionados con el test de velocidad en el deporte:



**Ilustración 1-1:** Velocidades promedio de deportistas

**Fuente:** Lum, 2009

**Realizado:** Silva E. & Quito R.

Según un estudio publicado en la revista *Journal of Strength and Conditioning Research* en 2019, los atletas de voleibol femenino tienen una velocidad promedio de salto de bloqueo de  $0,41 \pm 0,05$  segundos, mientras que los atletas de voleibol masculino tienen una velocidad promedio de salto de bloqueo de  $0,38 \pm 0,04$  segundos (Lum, D, 2019).

En otro estudio publicado en la revista *Sports Health* en 2016, se encontró que los futbolistas de élite tienen una velocidad promedio de carrera de 24,6 km/h (15,3 mph) (Lum, D, 2019).

Según un informe de la FIFA sobre la Copa del Mundo de 2014, el jugador más rápido en la competencia fue el jugador alemán, Shkodran Mustafi, quien alcanzó una velocidad máxima de 34,2 km/h (21,2 mph) (Evenson, 2019).

Finalmente, en un estudio publicado en la revista *Medicine and Science in Sports and Exercise* en 2019, se encontró que los corredores de 100 metros lisos de élite tienen una velocidad promedio de carrera de 9,72 m/s (Evenson, 2019).

Referente al Ecuador, se cuenta con algunos proyectos que dan importancia al deporte, pero no existe un proyecto en específico que ayude al rendimiento del deportista, debido a que la mayoría de los proyectos son enfocados a la medición de signos vitales a través de sensores, pulsímetros y la creación de módulos para el entrenamiento deportivo para medir parámetros de un electrocardiograma (ECG) (Flores, 2015).

Por ende en la mayoría de deportes se requiere de la máxima precisión posible en el momento de medir la velocidad de estos deportistas profesionales, con tecnologías que han superado al cronómetro manual en cuanto a confiabilidad de la justeza con la que se toman los datos de la velocidad sin embargo a nivel nacional en su mayor parte utilizan el cronómetro para determinar el tiempo que le toma al deportista en completar una determinada distancia, pero los resultados de este instrumento manual depende de la visualización del evaluador o persona que lo maneja; lo que significa que está sujeto a errores de apreciación que se generan a la incorrecta postura del cuerpo del técnico que lee los datos frente a la aguja que indica el valor de medición (Andrés y Gómez, 2018). Otro problema que presenta estos instrumentos son los errores de calibración que pueden tener un impacto significativo en la precisión de las mediciones de velocidad y tiempo. Los cronómetros mal calibrados pueden producir mediciones inexactas y no fiables que pueden afectar la toma de decisiones en el entrenamiento y la competencia. Por ejemplo, si se utiliza un cronómetro mal calibrado para medir la velocidad de un atleta en una carrera, los resultados podrían ser más lentos o más rápidos de lo que realmente son, lo que podría afectar la capacidad del entrenador para ajustar el régimen de entrenamiento de manera efectiva porque estos dispositivos están en el mercado y son los más utilizados. Así se ha visto la necesidad de crear el proyecto que está enmarcado dentro de las Líneas de Investigación de la Carrera de Electrónica y Automatización al Diseño Digital y Sistemas Embebidos de acuerdo con el CES que se basa en el DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO IOT APLICABLE A LA MEDICIÓN Y REGISTRO DE PARÁMETROS EN PRUEBAS DE VELOCIDAD EN EL ÁREA DEL ATLETISMO mediante sensores que determinen el tiempo inicial y final de los test de velocidad, ya sea con obstáculos o circuitos de entrenamiento, a través, de una aplicación del dispositivo móvil que visualice la información acerca del tiempo del test.

El Ministerio del Deporte a su vez impulsa proyectos que permitan llevar al país a ser un atractivo para deportistas de élite. Adicional a esto con el Plan Nacional del Buen Vivir trata de dar beneficios a las personas que se dedican a estas actividades deportivas, es así que se han creado

leyes que avalen esta práctica como se menciona en la Política N° 2.8: “Promover el deporte y las actividades físicas como un medio para fortalecer las capacidades y potencialidades de la población” (Barona, 2015).

De este modo también se apoya en la Constitución dando el cumplimiento al Artículo 381 de la constitución de la República del Ecuador que menciona que: “Que el estado protegerá, promoverá y coordinará la cultura física que comprende el deporte, la educación física y la recreación, como actividades que contribuyen a la salud, formación y desarrollo integral de las personas: impulsará el acceso masivo al deporte y a las actividades deportivas a nivel formativo, barrial y parroquial; auspiciará la preparación y participación de los deportistas en competencias nacionales e internacionales, que incluyen los Juegos Olímpicos y Paraolímpicos: y fomentará la participación de las personas con discapacidad. El Estado garantizará los recursos y la infraestructura necesaria para estas actividades. Los recursos se sujetarán al control estatal, rendición de cuentas y deberán distribuirse de forma equitativa” de igual manera aporta y acata al Artículo 385, sección 3 dice “Fomentar el avance de tecnologías y nuevas ideas que promuevan el crecimiento de la producción a nivel local, aumenten la eficacia y eficiencia, mejoren las condiciones de vida y contribuyan al logro de un bienestar óptimo.” (Constitución, 2008).

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un prototipo electrónico IoT aplicable a medición y registro de parámetros en pruebas en pruebas de velocidad en el área del atletismo

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar una revisión del estado del arte de los dispositivos electrónicos que permiten monitorear las pruebas de velocidad para atletas y deportistas dentro del mercado.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el prototipo a desarrollar.
- Establecer el diseño que cumpla con los requerimientos.
- Elegir el software y hardware que permitan la implementación del prototipo propuesto y la aplicación móvil.
- Validar si el prototipo electrónico y la aplicación móvil cumple con los requerimientos

## **1.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS**

Ahora se detallarán los enfoques y procedimientos que se planean utilizar para llevar a cabo la elaboración de este proyecto de integración curricular.

### **Métodos Teóricos**

Revisión documental: investigar y elegir minuciosamente artículos científicos, libros, informes técnicos, tesis y otros documentos académicos que contengan información relevante perteneciente al tema de estudio.

Histórico-lógico: se combinan el análisis histórico y el razonamiento lógico para comprender y explicar la evolución histórica de sistemas de entrenamiento que permiten medir ciertos parámetros en las pruebas de velocidad aplicado en atletas.

Sistematización: para ordenar y dar estructura de manera coherente a la información recolectada, empleando técnicas como la categorización, clasificación, análisis comparativo y síntesis.

Análisis y síntesis: proporciona la posibilidad de analizar los resultados, alcanzar conclusiones y formular recomendaciones.

### **Métodos empíricos**

Experimentación: se llevan a cabo experimentos bajo condiciones controladas, para obtener datos y evidencias que respaldan los hallazgos y conclusiones del estudio.

Medición: se utiliza para obtener información precisa y cuantitativa sobre las variables de interés, se utilizan técnicas apropiadas para recopilar datos objetivos y cuantificables.

Observación: posibilita la adquisición de información concreta y comprobable acerca del objeto de investigación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se lleva a cabo la exploración teórica relacionada con la velocidad de los deportistas, los métodos de evaluación que permiten obtener los datos de velocidad y las técnicas para su medición. También se analizan y comparan las tecnologías de comunicación inalámbrica, los sensores, las tarjetas de desarrollo, el software para el desarrollo de aplicaciones y los gestores de base de datos, con el fin de elegir los componentes hardware y software más apropiados.

#### 2.1 La velocidad en el atletismo

En cualquier evento atlético la velocidad es uno de componentes más significativos de la aptitud motriz. La velocidad en el ámbito de la física se define como el cambio de posición a lo largo del tiempo. Esto señala si el objeto en cuestión está en movimiento, es decir, si su posición cambia a medida que transcurre el tiempo. La posición se refiere al lugar en que se encuentra el móvil en un cierto instante de tiempo  $t$  (Bragado 2003, p. 29).

En el ámbito del deporte su concepto no difiere mucho. De manera general, es la “capacidad de realizar movimientos con la máxima rapidez” (Cañizares et al., 2020, p.120).

En la ecuación 1 se establece que la velocidad está definida como la derivada de la posición con respecto al tiempo.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad (1)$$

Donde:

$v$  = velocidad

$\Delta d$  = variación de longitud

$\Delta t$  = variación de tiempo

De la ecuación 1 la variación de la longitud  $\Delta d$  se determina por la distancia horizontal entre la marca dejada por el pie de impulso al correr a máxima velocidad y la marca que deja la punta del pie que se adelanta al hacer contacto con el suelo. En el atletismo como en otros deportes donde el resultado de la competencia depende del tiempo invertido en recorrer una determinada distancia, la medición y control del tiempo debe ser preciso (Cañizares et al., 2020, p.120).

La velocidad en todas sus acepciones es un factor clave en el éxito deportivo, por ejemplo, en deportes como el atletismo, la natación, el fútbol, el baloncesto o el tenis, la velocidad es

fundamental para conseguir resultados óptimos. Un corredor que sea capaz de anticiparse al resto de los corredores, salir en el momento adecuado y mantener una velocidad constante puede conseguir el primer puesto en una carrera. En deportes de equipo, la velocidad de los jugadores puede marcar la diferencia en el resultado final del partido (Cañizares et al., 2020, p.120).

En el libro titulado entrenador de atletismo Jomenkov se menciona que el resultado de las pruebas de velocidad depende de algunos factores entre los cuales están:

- La capacidad de responder rápidamente al aviso de salida
- Capacidad de aceleración
- Nivel máximo de velocidad
- Resistencia y conservación del nivel máximo de la velocidad

De los factores mencionados según el atleta Nikolái Ozolin especializado en la prueba de salto con pértiga considera que la velocidad de la carrera es la más importante (Pérez et al., 2009).

Hay una gran variedad de términos que se utilizan para referirse a la velocidad. En la *Tabla 2-1* según Cañizares y Carbonero (2018), se agrupan en dos clases.

**Tabla 2-1:** Clases de velocidad

Formas puras de velocidad	Variantes complejas de velocidad
a) V. reacción	d) V. Aceleración
b) V. Segmentación o gestual	e) V. Resistencia
c) V. Traslación o de desplazamiento	f) V. Agilidad
	g) V. con balón

**Fuente:** Cañizares y Carbonero, 2020

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

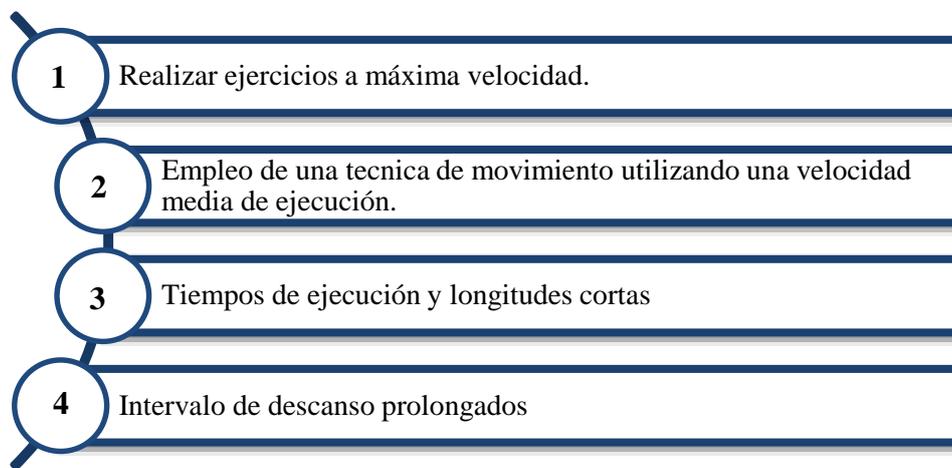
El enfoque del presente trabajo se centra en la velocidad de desplazamiento o de traslación considerada una de las formas puras de velocidad (Arias et al., 2018, p.185). Esta velocidad depende de dos parámetros fundamentales:

- Amplitud o longitud de zancada: máxima distancia que se alcanza en cada paso.
- Frecuencia: es el número de pasos o zancadas por unidad de tiempo, esto varía según la fuerza, la técnica de carrera utilizada y de la flexibilidad.

La velocidad de desplazamiento se desarrolla principalmente gracias al fortalecimiento muscular y a la coordinación. Durante el período que abarca desde los 14 hasta los 19 años, la velocidad aumenta de manera proporcional a la fuerza física (Arias et al., 2018, p.185).

## 2.2 Principios del entrenamiento de velocidad

La actuación deportista de velocidad depende de la capacidad del músculo para contraerse y relajarse con rapidez y fuerza, así como de la correcta sincronización del tiempo en su ejecución. En la *Ilustración 2-1* se establecen una serie de principios generales que se deben tener presentes al realizar un entrenamiento de velocidad (Vinuesa et al., 2016, pp.374-375).



**Ilustración 2-1:** Principios del entrenamiento de velocidad

**Fuente:** Vinuesa et al., 2016

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

Para las velocidades de desplazamiento se debe utilizar distancias, o lapsos de tiempo cortos, intensidades máximas e intervalos de tiempo largos. Los métodos de entrenamiento recomendados para mejorar la velocidad incluyen ejercicios de técnica de carrera, carreras cortas de diversos tipos como sprints, relevos, aceleraciones y retrocesos, juegos de persecución y carreras en pendiente descendente, entre otros (Vinuesa et al., 2016, pp.374-375).

Otro principio importante en el entrenamiento de la velocidad en el atletismo es la salida que se refiere al momento en que los corredores inician la carrera y constituye una etapa esencial de la misma, ya que una salida exitosa puede proporcionar una ventaja significativa al atleta. En la

*Ilustración 2-2* se hace referencia a las posiciones del corredor antes de iniciar una carrera (Velasategui, 2022, p. 14)

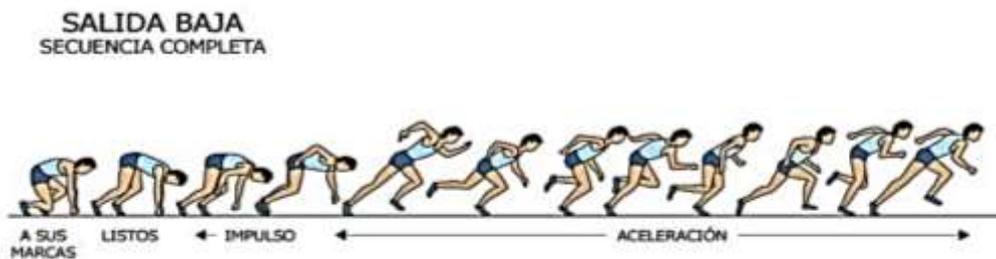
Salida baja	Salida media	Salida alta
<ul style="list-style-type: none"><li>• Utilizadas en competencias de sprint corto o largo, como los 100, 200 y 400 metros, así como en carrera de relevos y vallas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Empleada en pruebas de medio fondo como 800, 1500 y 3000 metros.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para competiciones de fondo o gran fondo como 10 000 metros, maratón y pruebas de marcha atlética.</li></ul>

### **Ilustración 2-2:** Salidas en pruebas atléticas

**Fuente:** Velastegui, 2022

**Realizado por:** (Silva E.; & Quito R., 2023)

La salida baja de figura en la *Ilustración 2-3*



### **Ilustración 2-3:** Salida baja

**Fuente:** Ramos. 2021

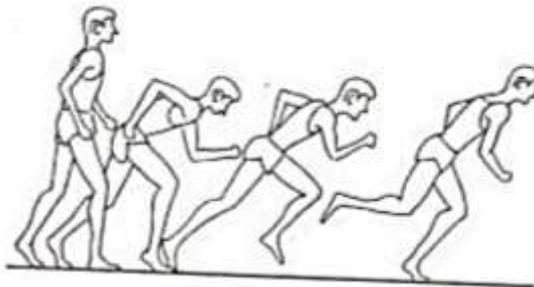
En la salida de medio fondo mostrada en el *Ilustración 2-4*, el movimiento de los pies y el contacto con el suelo cambia de acuerdo con el ritmo de la carrera. Durante el balanceo del segmento inferior libre, la rodilla se flexiona y la pierna queda casi paralela al suelo. En carreras de medio fondo, la extensión de la cadera, la rodilla y el tobillo es completa, mientras que, en carreras de fondo, es incompleta. La elevación de la rodilla es menor que en carreras de velocidad, y el braceo es menos pronunciado, con poca o ninguna flexión o extensión en la articulación del codo (Velasategui, 2022, p. 15).



**Ilustración 2-4:** Salida Media

**Fuente:** Ramos. 2021

La salida alta presentada en la *Ilustración 2-5* en términos técnicos, la posición implica que el pie delantero se coloca justo detrás de la línea de salida, mientras que el otro pie se coloca a una distancia anteroposterior que permita una buena propulsión contra el suelo. La separación lateral es similar al ancho de los hombros y el peso del cuerpo se encuentra principalmente en el apoyo delantero. Durante la carrera, los brazos se mueven alternadamente con la ubicación de los apoyos, lo que permite una rápida sincronización al momento de iniciar la carrera (Velasategui, 2022, p. 15)



**Ilustración 2-5:** Salida alta

**Fuente:** Ramos. 2021

La salida baja es la posición corporal considerada para las pruebas de sprint cortas.

### **2.3 Pruebas y métodos utilizadas en test de velocidad**

A la hora de evaluar la velocidad de los atletas, se utilizan diferentes pruebas y métodos que permiten medir su capacidad para moverse de forma rápida. Algunos de estos métodos y pruebas se describen a continuación:

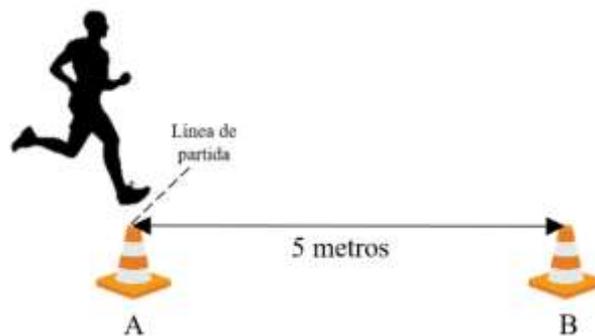
### 2.3.1 Pruebas de sprint de distancia corta

En un sprint, se suele correr un promedio de 20 metros, lo que equivale a una distancia total que puede variar entre los 200 y los 400 metros. En la liga alemana de fútbol a través de un estudio se observó que, de un total de 360 goles, el 60% se lograron mediante sprints lineales, el 9% implicó sprints con cambios de dirección, el 22% involucró saltos y solo el 8% se consiguió mediante otro tipo de actividades. El estudio concluyó que los sprints son cruciales en la consecución de goles, ya que representan el 69% de los goles logrados. Por lo tanto, los preparadores físicos evalúan, monitorean y entrenan esta habilidad en sus deportistas (Santander et al., 2020, p. 133).

En el deporte del rugby, los jugadores requieren destrezas para realizar sprints cortos que les permitan vencer a los defensores y avanzar en el campo. Durante un partido, se estima que los jugadores realizan en promedio entre 10 y 20 carreras de sprint corto (Rodríguez et al., 2021, p. 46).

A continuación, se presentan diversas pruebas que, debido a su corta distancia y simplicidad, pueden medir la velocidad del atleta de manera fácil.

- a) **Sprint de velocidad de 5 m con repeticiones de 10:** en la *Ilustración 2-6* se muestra la forma que se realiza esta prueba. El participante responderá a la señal del dispositivo de control y deberá correr con la máxima velocidad posible hacia la línea siguiente, asegurándose de pisarla con un pie. Después, cambiará su dirección y regresará a la línea de partida, la cual deberá tocar con al menos uno de sus pies, repitiendo este trayecto en total cinco veces. En el último movimiento, se requiere cruzar la línea del final y detener el cronómetro en ese instante. La meta es realizar cinco idas y vueltas, asegurándose de tocar cada línea, para recorrer en total una distancia de 50 metros (Martínez, 2012, p. 192).



**Ilustración 2-6:** Prueba de velocidad de 10x5 m

**Fuente:** Martínez, 2012

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

- b) ***Sprint de 20 metros:*** se cronometrará el tiempo que tarda el sujeto en recorrer una distancia de 20 metros desde la señal de salida hasta que sobrepasa la línea de llegada (Martínez, 2012, p. 192).
- c) ***Sprint de 30 metros con salida de pie:*** se mide el tiempo que le toma al alumno recorrer los 30 metros desde la señal de salida hasta cruzar la línea de llegada será medido mediante cronómetro. El alumno deberá comenzar desde una posición de salida alta y estar ubicado detrás de la línea de salida (Martínez, 2012, p. 193).
- d) ***Sprint de 30 metros con salida lanzada:*** Cuando recibe la señal del entrenador, el participante comenzará a correr a máxima velocidad con la meta de alcanzar la mayor velocidad al inicio de la medición de los 30 metros. Para cumplir con esto, el examinando deberá situarse en posición de salida alta detrás de una línea ubicada entre 15 y 20 metros antes de la línea de cronometraje (Martínez, 2012, p. 194).

### 2.3.2 Métodos para pruebas de velocidad

El método de identificar la velocidad en los atletas puede cambiar en función de la disciplina deportiva y del fin que se busca en el entrenamiento. No obstante, hay algunos procedimientos habituales que emplean entrenadores y deportistas para medir la velocidad de los atletas (Emery et al. (2015)). La información sobre algunos de estos métodos puede ser apreciada en la *Tabla 2-2* que sigue:

**Tabla 2-2:** Métodos de test de velocidad

Test de velocidad cronometrado	Test de aceleración	Test de cambio de dirección	Análisis biomecánico
Mide el tiempo que tarda un atleta en recorrer una distancia específica	Evalúa la velocidad de un atleta desde el inicio hasta alcanzar una velocidad máxima	Permite evaluar la agilidad y la capacidad de cambiar de dirección rápidamente	El objetivo de este análisis es comprender cómo el cuerpo humano interactúa con el ambiente durante la carrera, etc.

**Fuente:** Emery et al., 2015; Sheppard y Young, 2006; Nimphius et al., 2016; & Morin et al, 2011  
**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

De acuerdo con la *Tabla 2-2* se puede observar los diferentes métodos para pruebas de velocidad, una vez analizado estos métodos, en este trabajo se utilizará el test de velocidad cronometrada

para medir la velocidad del atleta durante el entrenamiento ya que este posee muchos errores por el uso de cronómetros manuales (Emery et al. (2015)).

### 2.3.2.1 Test de velocidad cronometrados

Esta técnica consiste en medir el tiempo que tarda un atleta en recorrer una distancia específica. Los atletas pueden realizar esta prueba en una pista, una carretera o cualquier otro espacio adecuado para correr. Esta técnica es útil para evaluar la velocidad en deportes como el atletismo, el fútbol, el baloncesto, entre otros (Lockie, 2013).

Los test de velocidad cronometrados para atletismo se pueden realizar de diferentes maneras, como se observa en la siguiente *Tabla 2-3* (Balagué, 2014):

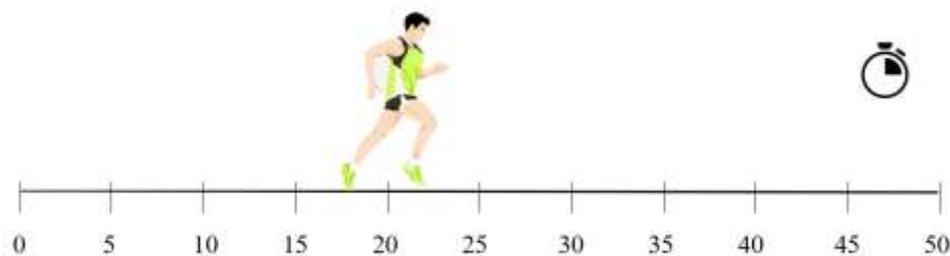
**Tabla 2-3:** Clases de test de velocidad cronometrada

<b>Test de 30 metros con salida en posición erguida.</b>	Este test mide la velocidad y la aceleración. Los atletas corren 30 metros desde posición erguida y se cronometra el tiempo que tardan en completar la distancia.
<b>Test de 60 metros con salida en posición de bloques.</b>	Este test mide la velocidad y la aceleración, así como la capacidad de los atletas para partir desde una posición de bloques. Los atletas corren 60 metros desde posición de bloques y se cronometra el tiempo que tardan en completar la distancia.
<b>Test de 150 metros con salida en posición erguida.</b>	Este test mide la velocidad y la resistencia a la velocidad. Los atletas corren 150 metros desde posición erguida y se cronometra el tiempo que tardan en completar la distancia.

**Fuente:** Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Knight, T. J., y Janse de Jonge. (2012)

**Realizado por:** Silva E. y Quito

Es importante tener en cuenta que cada prueba debe realizarse en condiciones similares para cada atleta, incluyendo la superficie de la pista, la temperatura ambiente y la humedad relativa. Además, es importante que los atletas realicen un calentamiento adecuado antes de realizar la prueba para evitar lesiones (Lockie y Murphy, 2012).

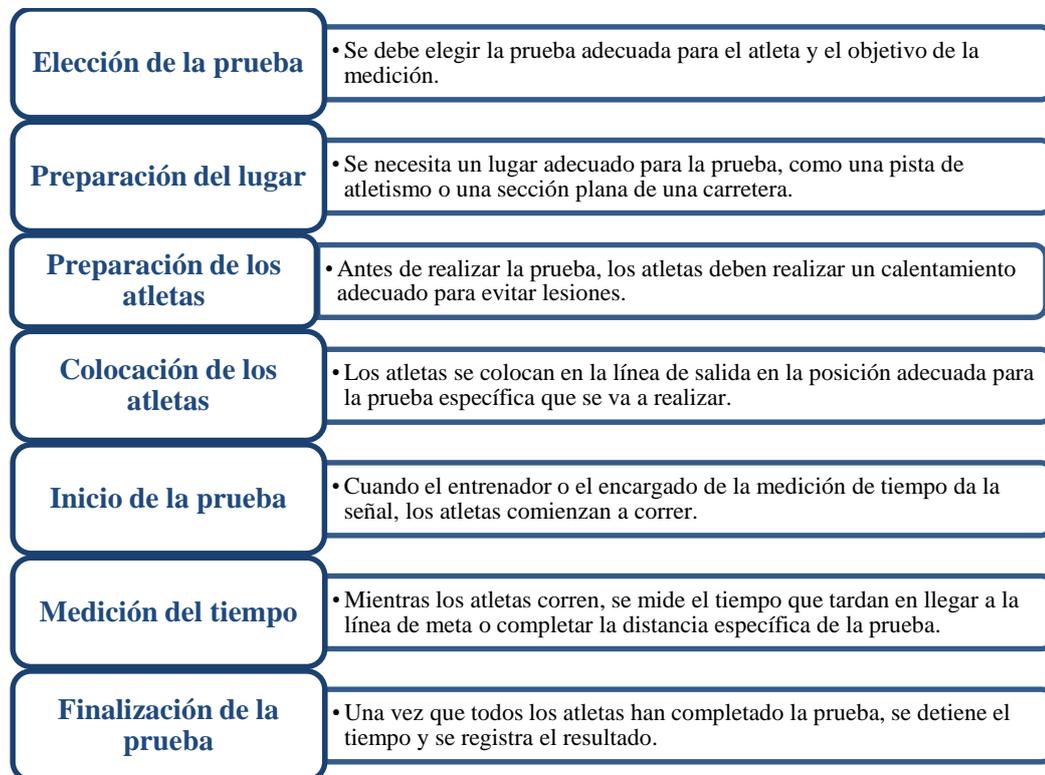


**Ilustración 2-7:** Test de velocidad cronometrada

**Fuente:** Martínez, 2019

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

Para realizar los test de velocidad cronometrados para atletismo como se muestra en la *Ilustración 7-2*, se pueden seguir los siguientes pasos como se muestra en la siguiente *Ilustración 2-8* (Lockie y Schultz, 2013):



**Ilustración 2-8:** Pasos para realizar un test de velocidad cronometrada

**Fuente:** Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Jeffriess, M. D., & Callaghan, S. J, 2013

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

## 2.4 El cronómetro como instrumento de medición en pruebas de velocidad

La medición del tiempo es una parte importante en las pruebas de velocidad y para ello el uso del cronómetro es fundamental. Este instrumento permite obtener una medida precisa del tiempo empleado por un atleta para recorrer una distancia específica. Según un estudio de Bosco, el uso del cronómetro es una técnica fiable para medir la velocidad en atletismo, especialmente en pruebas de velocidad de corta duración (Bosco et al., 2018, pp. 27-276).

El cronómetro es la herramienta más adecuada para la medición de tiempos en la mayoría de los estudios. El cronómetro manual o mecánico mostrados en la *Ilustración 2-9 (a)*, ofrece una precisión y facilidad de lectura aceptables para ciclos de 0.03 minutos o más. Por otro lado, los relojes digitales con cristales de cuarzo proporcionan una precisión de  $\pm 0.00005$  y son comúnmente utilizados en la representación numérica o de lectura directa. Los cronómetros electrónicos como el de la *Ilustración 2-9 (b)* con representación digital son más fáciles de leer

ya que los números mostrados pueden ser congelados mientras el analista registra y anota los tiempos en estudio (Rico et al., 2006, p. 9).



(a)

(b)

**Ilustración 2-9:** Cronómetro manual: (a) mecánico, (b) digital

**Fuente:** Jiménez, 2014

Según la *Tabla 2-4* que se presenta, es posible exhibir los errores que ofrece este test de velocidad cronometrada (Lockie y Schultz, 2013).

**Tabla 2-4:** Errores de medición que presenta en test de velocidad cronometrada

Errores de medición que presenta el test de velocidad cronometrada	
Precisión del cronómetro. Habilidad del cronometrador para detectar el inicio y fin de la prueba. Condiciones ambientales como el viento y la temperatura.	El error de medición puede ser del 0.1-0.2% para pruebas de velocidad de corta duración.

**Fuente:** Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Jeffriess, M. D., & Callaghan, S. J, 2013

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

## 2.5 Errores de apreciación

El cronómetro es un dispositivo de medición del tiempo que puede presentar diferentes tipos de errores de apreciación, según su precisión, el método de medición y la habilidad del operador, entre otros factores. A continuación, se describen algunos de los errores más comunes que pueden presentarse al utilizar un cronómetro (Morris & Langari, 2013, p. 48):

- Error de paralaje: Este error se produce cuando el operador del cronómetro no está alineado correctamente con el puntero o la escala graduada, lo que puede causar una

lectura incorrecta del tiempo. Según el libro "Measurement and Instrumentation Principles" de Alan S. Morris y Reza Langari, "el error de paralaje se puede reducir si el operador se coloca en línea recta con la escala graduada y mira directamente el punto en cuestión" (Morris & Langari, 2013, p. 48).

- Error de reacción: Este error se produce cuando el operador del cronómetro no inicia o detiene el cronómetro en el momento adecuado, lo que puede causar una lectura incorrecta del tiempo. Según el artículo "Measuring Timing Error of Stopwatch Operators in Track and Field Events" de M. B. Elfrink y W. R. Martens, "el error de reacción puede variar de 0,02 a 0,20 segundos, dependiendo de la habilidad del operador" (Elfrink & Martens, 1976, p. 208).
- Error de resolución: Este error se produce cuando el cronómetro no tiene suficiente precisión para medir el tiempo con la exactitud requerida. Según el artículo "Error Analysis of Stopwatches" de Rajeev K. Bansal y Ravindra Jilte, "los errores de resolución pueden variar de 0,02 a 0,15 segundos, dependiendo de la calidad del cronómetro" (Bansal & Jilte, 2013, p. 127).
- Error de temperatura: Este error se produce cuando la temperatura del cronómetro no se mantiene constante, lo que puede afectar la precisión de la medición del tiempo. Según el artículo "A Study on the Timing Error of the Stopwatch" de Kiyoshi Ohno y Masao Kuroda, "el error de temperatura puede ser significativo si el cronómetro se usa en condiciones extremas de temperatura" (Ohno & Kuroda, 1971, p. 75).
- Error de calibración: Este error se produce cuando el cronómetro no está correctamente calibrado, lo que puede afectar la precisión de la medición del tiempo. Según el artículo "Instrumentation and Measurement for Environmental Sciences" de Lawrence H. Keith y Marcia L. Keith, "la calibración es importante para garantizar que el cronómetro mida el tiempo con la precisión adecuada" (Keith & Keith, 2002, p. 166).

## **2.6 Sistemas comerciales existentes en el mercado a nivel mundial**

Los progresos científico-técnicos están presentes en todas las áreas de la sociedad, incluyendo el deporte, que se considera uno de los fenómenos sociales y culturales más relevantes del mundo actual. Por lo tanto, existen varios dispositivos electrónicos disponibles en el mercado para el test de velocidad de deportistas, algunos de los cuales se mencionan a continuación junto con sus características (Guterman, 2013):

a) Cronómetros digitales



**Ilustración 2-10:** SEIKO S056 Stopwatch

**Fuente:** SEIKO S056-100 lap memory stopwatch, 2023

En la *Ilustración 2-10* se presenta el cronómetro digital cuyas características se observan en la siguiente *Tabla 2-5*:

**Tabla 2-5:** Características de los cronómetros digitales

Dispositivo	Característica
SEIKO S056 Stopwatch	<ul style="list-style-type: none"><li>• Precisión de 1/1000 segundos</li><li>• Funciones adicionales, como alarma y cuenta regresiva</li><li>• Resistente al agua</li></ul>

**Fuente:** SEIKO S056-100 lap memory stopwatch, 2023

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

b) Relojes inteligentes



**Ilustración 2-11:** Garmin Forerunner 945

**Fuente:** Garmin & Garmin Ltd. or its subsidiaries, 2023

En la *Ilustración 2-11* se presenta el cronometro digital cuyas características se observan en la siguiente *Tabla 2-6*:

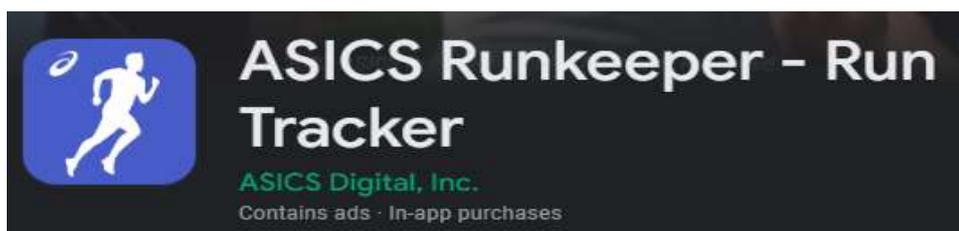
**Tabla 2-6:** Característica del Reloj inteligente

Dispositivo	Característica
Garmin Forerunner 945	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mide la velocidad, la distancia y el ritmo del atleta.</li> <li>• Funciones adicionales como el seguimiento de la frecuencia cardíaca y el control de la música.</li> <li>• Resistente al agua.</li> </ul>

**Fuente:** Garmin & Garmin Ltd. or its subsidiaries, 2023

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

### c) Aplicaciones móviles



**Ilustración 2-12:** Runkeeper App

**Fuente:** Track your run – ASICS Runkeeper running tracker app, 2022

En la *Ilustración 2-12* se presenta el cronometro digital cuyas características se observan en la siguiente *Tabla 2-7*:

**Tabla 2-7:** Característica de la aplicación móvil

Dispositivo	Característica
Runkeeper	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mide la velocidad, la distancia y el ritmo del atleta.</li> <li>• Ofrece planes de entrenamiento personalizados.</li> <li>• Permite la conexión con amigos para competir y compartir logros.</li> </ul>

**Fuente:** Track your run – ASICS Runkeeper running tracker app, 2022

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

#### d) Dispositivos de medición de velocidad



**Ilustración 2-13:** Sistema de cronometraje por láser Brower Timing System

**Fuente:** Sistema de cronómetro Brower TCi-Gate, 2023

En la *Ilustración 2-13* se presenta el cronómetro digital cuyas características se observan en la siguiente *Tabla 2-8*:

**Tabla 2-8:** Característica del cronómetro digitales

Dispositivo	Característica
Sistema de cronometraje por láser Brower Timing System	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza tecnología de medición por láser para medir la velocidad de los atletas.</li> <li>• Ofrece diferentes opciones de medición, como velocidades de salida, velocidad máxima, tiempo de reacción, entre otros.</li> </ul>

**Fuente:** Sistema de cronómetro Brower TCi-Gate, 2023

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-9* se elabora un cuadro comparativo de los dispositivos existentes en el mercado a nivel mundial con sus ventajas y desventaja.

**Tabla 2-9:** Dispositivos existentes en el mercado a nivel mundial

Dispositivo	Ventajas	Desventajas
<b>Cronómetros digitales</b>	<p>Precisos.</p> <p>Fáciles de usar.</p> <p>Funciones adicionales (cuenta regresiva, etc.).</p>	<p>Necesitan ser operados manualmente.</p> <p>No son portátiles.</p>
<b>Relojes inteligentes</b>	<p>Cronómetros integrados.</p> <p>Fáciles de usar.</p> <p>Portátiles.</p> <p>Conexión con aplicaciones para obtener resultados más precisos.</p>	<p>Algunos modelos pueden ser costosos.</p> <p>No siempre son tan precisos como los cronómetros digitales.</p>

<b>Aplicaciones móviles</b>	Gratuitas o de bajo costo. Precisas. Fáciles de usar. Portátiles.	Pueden requerir una conexión a internet para funcionar. No siempre son tan precisas como los cronómetros digitales.
<b>Dispositivos de medición de velocidad</b>	Precisos. Miden la velocidad en tiempo real. Funcionan para deportes y otras pruebas de habilidad.	Son menos comunes y pueden ser costosos. Pueden ser más complicados de usar que otros dispositivos electrónicos.

**Fuente:** Digital Timers and Clocks, 2021; Apple Watch Series 6, 2021; Cronómetros y temporizadores digitales, 2021

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

## 2.7 Sistemas comerciales a nivel nacional y provincial

En el Ecuador, hay algunos proyectos que se enfocan en el deporte, pero no hay uno específico que se centre en mejorar el rendimiento de los deportistas. En la *Tabla 2-10* se describe los dispositivos electrónicos que se utilizan a nivel nacional. (Chollet et al., 2000).

**Tabla 2-10:** Dispositivos existentes en el mercado a nivel nacional

Dispositivo electrónico	Características
Cronómetros digitales	Dispositivos portátiles que miden el tiempo con precisión y se pueden programar para realizar múltiples mediciones.
Cronómetros de pulso	Dispositivos que se colocan en la muñeca y miden el tiempo con precisión. Son utilizados por atletas y deportistas para medir su rendimiento físico.

**Fuente:** Chollet et al., 2000; Brusseau, 2015

**Realizado:** Silva E.; & Quito R., 2023

### a) Cronómetros digitales



**Ilustración 2-14:** Cronómetro digital Casio HS-80TW-1DF

**Fuente:** HS-80TW-1, 2023

En la *Ilustración 2-14* se presenta el cronómetro digital cuyas características se observan en la siguiente *Tabla 2-11*:

**Tabla 2-11:** Característica del Cronómetros digitales

Dispositivo	Característica
Cronómetro digital Casio HS-80TW-1DF	Este cronómetro cuenta con una pantalla LCD grande y fácil de leer, puede medir el tiempo con una precisión de 1/100 segundos y tiene una memoria de 60 vueltas. También tiene una alarma y cronómetro regresivo

Fuente: HS80TW-1, 2023

Realizado: Silva E.; & Quito R., 2023

#### b) Cronómetros de pulso



**Ilustración 2-15:** Cronómetro de pulso Garmin Forerunner 35

Fuente: Garmin & Garmin Ltd. or its subsidiaries, 2023

En la *Ilustración 2-15* se presenta el cronómetro digital cuyas características se observan en la siguiente *Tabla 2-12*:

**Tabla 2-12:** Característica del Cronómetros de pulso

Dispositivo	Característica
Cronómetro de pulso Garmin Forerunner 35	Cuenta con una pantalla digital a color, puede medir el tiempo con una precisión de 1/100 segundos y tiene funciones adicionales como medición de frecuencia cardíaca y conteo de pasos. Además, cuenta con GPS y es compatible con dispositivos móviles para recibir notificaciones.

Fuente: Garmin & Garmin Ltd. or its subsidiaries, 2023

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

A nivel nacional, se utiliza principalmente un cronómetro para medir el tiempo que tarda un deportista en completar una determinada distancia, pero esto puede ser inexacto debido a errores de apreciación y calibración. Los errores en la medición de la velocidad y el tiempo pueden afectar la toma de decisiones en el entrenamiento y la competencia. Por esta razón, se ha visto la necesidad de crear un proyecto que se enfoque en la medición de parámetros de velocidad en el área de atletismo.

En la localidad de Riobamba se pueden encontrar diversos establecimientos dedicados al deporte, tanto de nivel profesional como amateur. Sin embargo, en ambos casos se enfrentan a una situación común: la falta de herramientas especializadas para monitorear aspectos como la velocidad durante los entrenamientos. Por lo tanto, este tema se enfoca en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## **2.8 Selección de tecnologías y componentes.**

### **2.8.1 *Tecnologías inalámbricas para la comunicación***

En la actualidad, existen dos opciones para establecer una comunicación entre dos puntos una es mediante una conexión con cable y la otra es mediante tecnología inalámbrica. Actualmente la opción inalámbrica se está volviendo cada vez más popular y está ganando terreno como una solución. Las redes inalámbricas son sistemas de comunicación que emplean señales de radio para establecer la conexión entre dispositivos, sin requerir el uso de cables de ningún tipo (Salazar, 2016, p. 6).

El paradigma del internet de las cosas ha traído consigo la posibilidad de interacción entre una gran cantidad de objetos físicos. La idea de esto es suministrar sensores, actuadores, unidades de procesamiento y capacidades de red a una amplia variedad de objetos físicos de bajo consumo y recursos limitados, que les permitan interactuar e intercambiar datos recopilados a través de medios inalámbricos todo esto se puede resumir en la *Ilustración 2-16* (Sadeghi et al., 2019).



**Tabla 2-13:** Cuadro comparativo de tecnologías inalámbricas

Características	Bluetooth	Wifi	Ondas de radiofrecuencia
Frecuencia	2.4 GHZ	2.4 GHZ 5 GHz	2.45 GHz o superiores
Distancia de alcance	Hasta 100 m	Hasta 100 m	Hasta 1000 m
Velocidad de transmisión	720 kbps	7.1 Mbit/s 54 Mbit/s	Velocidad de la luz
Consumo de energía	11.3 mA	30 mA	80 mA

Fuente: Lorefice, 2015; Andaluz, 2021; Julca et al., 2020

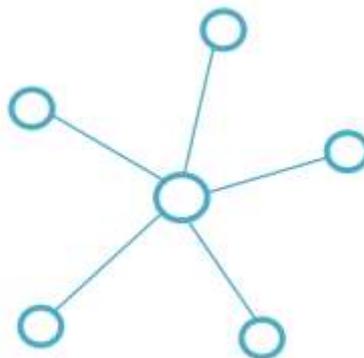
Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

De acuerdo con la *Tabla 2-13*, se determina que la mejor opción la tecnología de comunicación por ondas de radiofrecuencia por su distancia de alcance, su frecuencia de trabajo, la velocidad de transmisión.

### 2.8.2 Topologías de red

Se refieren a las diversas configuraciones de intercomunicación mediante las cuales es posible organizar las redes de transmisión de datos entre dispositivos. Entre las más comunes están:

- a) **Topología estrella:** es una red en la que las estaciones se conectan directamente a un punto central (hub), y todas las comunicaciones deben realizarse obligatoriamente a través de este punto central; los equipos no están conectados directamente entre sí (Rosado, 2009).

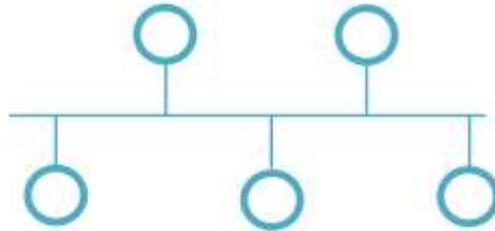


**Ilustración 2-17:** Topología estrella

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

- b) **Topología bus:** todos los dispositivos se enlazan a un único medio de transmisión mediante transceptores, que tienen la responsabilidad de supervisar el acceso al bus. Los

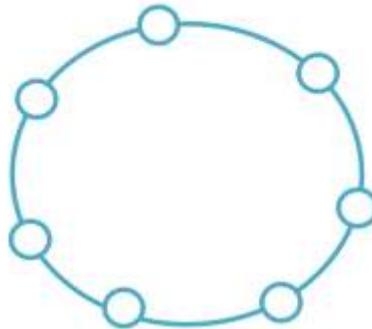
mensajes se transmiten a través del bus, y todos los dispositivos escuchan, aceptando los datos solamente si están destinados a ellos (Vásconez., 2014, p. 35-38).



**Ilustración 2-18:** Topología bus

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

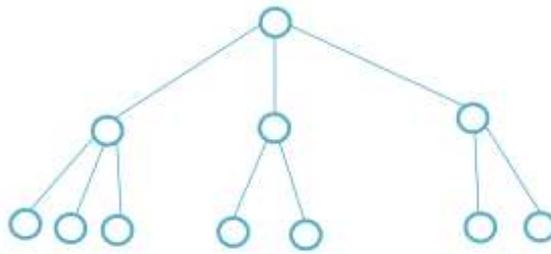
- a) **Topología anillo:** los nodos están dispuestos en serie formando un anillo. Esto sería semejante a conectar los extremos de una red en bus. La transmisión de mensajes se realiza en una dirección específica, atravesando todos los nodos necesarios hasta alcanzar su destino (Vásconez., 2014, p. 35-38).



**Ilustración 2-19:** Topología anillo

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

- c) **Topología árbol:** Desde una perspectiva topológica, la configuración en árbol se asemeja a una serie de redes en estrella interconectadas. Esta variante de la red en bus difiere en que la falla de un nodo no causa interrupciones en las comunicaciones. Se comparte el mismo canal de comunicaciones (Vásconez., 2014, p. 35-38).



**Ilustración 2-20:** Topología árbol

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-14* se elabora un cuadro comparativo de tres topologías de red.

**Tabla 2-14:** Topologías de red

Características	T. Estrella	T. Anillo	T. Árbol
<b>Estructura lógica</b>	Estrella con punto de acceso central	Anillo virtual cerrado	Jerárquica o mixta
<b>Confiabilidad</b>	Alta (en caso de fallos del punto central se afecta a toda la red)	Vulnerable a fallos en un enlace del anillo	Alta, depende de la jerarquía
<b>Escalabilidad</b>	Moderado	Baja	Alta
<b>Detección de fallas</b>	Fácil detección a fallos mediante monitoreo del punto central	Difícil localización de fallas	Depende de la ubicación de los nodos y la jerarquía

**Fuente:** Rosado, 2009; Vásquez, 2014.

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

De acuerdo con la *Tabla 2-14*, la topología estrella permite establecer como nodo central a un elemento de la red, siendo esta característica un requerimiento del prototipo electrónico a desarrollar.

### 2.8.3 Tecnologías para la identificación de usuarios

El código de barras fue la primera tecnología implementada en el sector MICE y sigue siendo la opción más popular para identificar a los asistentes. A partir de 2010, se comenzó a utilizar el código QR en España, pero su éxito fue de corta duración debido a su amplio uso en diversos ámbitos, lo cual generó una reacción negativa por parte de los usuarios. El código QR no resolvió los problemas existentes en las agencias, ya que simplemente representaba una evolución estética de los códigos de barras convencionales (IDCONGRESS, 2018).

Posteriormente, se introdujo la tecnología de radiofrecuencia (RFID) pasiva con etiquetas adhesivas en congresos, convenciones y reuniones. A pesar de haber sido erróneamente

considerada costosa, esta tecnología se adaptó perfectamente a los sistemas de identificación utilizados hasta ese momento. En la *Tabla 2-15* se compara las tecnologías estudiadas (IDCONGRESS, 2018).

**Tabla 2-15:** Tecnologías de identificación

Características	Código de barras	Código QR	RFID
<b>Funcionamiento</b>	Barras y espacios	Matriz de cuadros codificados	Ondas de radio
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	Hasta 20 caracteres	Hasta 4296 caracteres	Bytes - kilobytes
<b>Rango de lectura</b>	15-45 cm	5-30 cm	10 cm – varios metros
<b>Lectura</b>	Escáner	Cámara de dispositivos móviles aplicaciones específicas.	Antena y lector de RFID
<b>Velocidad de lectura</b>	100 y 500 lecturas por segundo	50 y 200 lecturas por segundo	10 -1000 etiquetas por segundo
<b>Resistencia</b>	Sensible a daños de impresión	Ilegible ante un daño	Resistente a condiciones extremas y daños

**Fuente:** Katz, 2012; Sasaki, 2011; Xu et al, 2015; Li et al, 2018; Finkenzeller, 2010; Sánchez, 2012

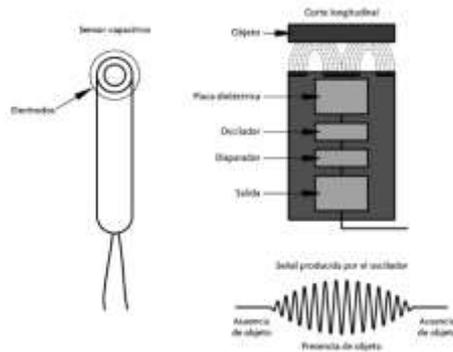
**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

De acuerdo con la *Tabla 2-14*, se opta por el código QR como tecnología de identificación.

#### 2.8.4 Sensores

“se define como un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida” (Corona Rampirez, y otros, 2014 pág. 17). Hay varias maneras de categorizar los sensores, aunque la más común es según el tipo de magnitud que miden. En el desarrollo del proyecto se emplean sensores que miden la variable física de proximidad o distancia, por lo que se incluyen en esta categoría los siguientes sensores:

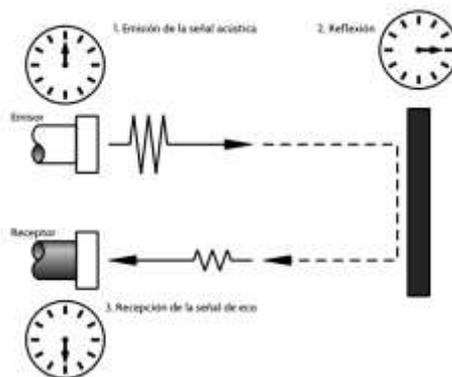
- d) **Sensor capacitivo:** cuando un objeto se acerca al sensor y se relaciona con el campo electrostático generado entre ellos, se produce una alteración en la capacitancia total del circuito. Esa alteración provoca un cambio en el estado del sensor, lo que activa un circuito oscilador que, a su vez, dispara el circuito activador, produciendo un cambio en el estado de bajo a alto en la salida del sensor esto se puede observar en *la Ilustración 2-17*. La distancia de detección es de hasta 13 cm de distancia. Se debe evitar el contacto con líquidos. Una ventaja es que el efecto rebote es casi nulo (Corona et al., 2014, p. 158).



**Ilustración 2-21:** Sensor capacitivo de proximidad

**Fuente:**(Corona, Abarca, Mares, 2014)

- e) **Sensor ultrasónico:** son comunes en sistemas de medición que no requieren contacto con el objeto a medir para determinar la distancia del emisor al objeto. Estos sensores pueden actuar tanto como transductores de entrada como de salida, por lo que se les considera transeptores. Una de las ventajas más significativas de este tipo de sensor es que la medición es no invasiva, lo que significa que no requiere contacto con el objeto a medir y puede medir una variedad de objetos de manera efectiva. Como se muestra en la *Ilustración 2-18* estos sensores emiten una onda de alta frecuencia y corta duración de manera cíclica, la cual se propaga en el medio. Cuando la onda encuentra un objeto en su trayecto, es reflejada y retorna en forma de eco hacia el receptor. El circuito de acondicionamiento se encarga de medir el tiempo que transcurre entre la emisión de la señal acústica y la recepción del eco para determinar la distancia al objeto (Corona et al., 2014, p. 142).

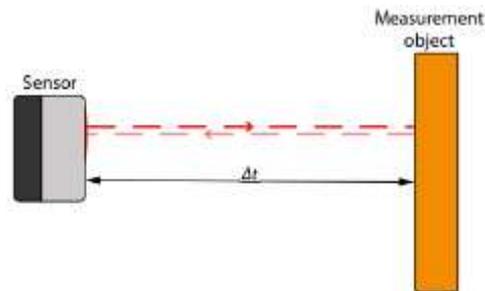


**Ilustración 2-22:** Medición de un sensor ultrasónico

**Fuente:** Corona, Abarca, Mares, 2014

- f) **Sensor infrarrojo:** como se observa en la *Ilustración 2-19* se emplea un fenómeno de la física cuántica, conocido como emisión inducida o estimulada, para producir un haz de luz coherente que es uniforme en el espacio y en el tiempo. Este efecto implica estimular

los átomos, moléculas o iones de un material a través de una estimulación eléctrica o térmica. La principal propiedad del haz de luz generado es su alta dirección, lo que significa que se trata de un rayo recto y enfocado (Morcillo Martínez, 2018 pág. 22).



**Ilustración 2-23:** Medición de un sensor laser de distancia

Fuente: WayCon,2021

En la *Tabla 2-16* se elabora un cuadro comparativo de los tres sensores que están basadas en la información presentada.

**Tabla 2-16:** Comparativa de sensores

Características	Capacitivo	Infrarrojo	Ultrasónico
Principio de funcionamiento	Variación de la capacitancia	Tiempo de vuelo del haz de luz	Tiempo de vuelo de ondas sonoras
Rango de medición	0.01 mm – 10 mm	20 cm – 40 m	2 cm – 10 m
Exactitud	Alta 0.5 % de la escala completa	Muy alta Hasta 1 mm	Media a alta Hasta 3 mm
Resolución	Baja a media	Muy alta	Media a alta
Velocidad de medición	20 000 mediciones por segundo	100 mediciones por segundo	40 mediciones por segundo
Sensibilidad a la superficie del objeto	Baja	Media	Alta
Sensibilidad a la temperatura del objeto	Baja	Alta	Baja
Sensibilidad al entorno	Alta	Muy alta	Media a alta
Costo	Bajo	Medio a alto	Bajo a medio

Fuente: Balluff GmbH, 2021; SICK AG., 2021, MaxBotix Inc., 2021

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-15*, se decide utilizar un sensor infrarrojo debido a su resolución y velocidad de medición, las cuales son óptimas para las necesidades del prototipo.

### 2.8.5 Tarjetas de desarrollo.

Es un dispositivo electrónico que alberga un microcontrolador o dispositivo lógico y componentes como puertos, conectores y reguladores, con la finalidad de proporcionar a los usuarios un acceso rápido y sencillo a los periféricos, con el objetivo de llevar a cabo pruebas y aplicaciones (González Cárdenas,2023).

A continuación, se proporciona una descripción de algunas tarjetas de desarrollo:

- a) **Arduino:** está constituida por un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden almacenar instrucciones que se redactan con el lenguaje de programación que se utiliza en el entorno Arduino IDE. En la siguiente *Ilustración 2-20* se puede observar una tarjeta Arduino. Estas instrucciones posibilitan la creación de programas que interaccionan con los circuitos de la placa (Fernández, 2022).



**Ilustración 2-24:** Tarjetas Arduino

Fuente: Lopez,2017

- b) **Raspberry Pi:** En la siguiente *Ilustración 2-21* se puede observar una tarjeta Raspberry Pi que es una computadora de tamaño pequeño y bajo costo, que es tan compacta que puede caber en la palma de la mano, pero es posible vincularla a un televisor y un teclado para interactuar con ella de la misma forma que se haría con cualquier otra computadora (Luis, 2018).



**Ilustración 2-25:** Tarjetas Raspberry Pi

**Fuente:** Raspberry Pi, 2022

c) **ESP32:** En la siguiente *Ilustración 2-22* se puede observar una tarjeta ESP32 cuya firma Espressif Systems ha desarrollado una serie de microcontroladores denominada ESP32, que puede ser comparada con un ESP8266 con capacidades avanzadas, puesto que integra funciones Wi-Fi, Bluetooth y otras características poderosas adicionales (Carmenate, 2021).



**Ilustración 2-26:** Tarjetas ESP32

**Fuente:** Módulos Esp32 con Wi-Fi / Bluetooth: Guía de introducción, 2021

En la *Tabla 2-17* se elabora un cuadro comparativo de tres tarjetas de desarrollo que están basadas en la información presentada.

**Tabla 2-17:** Comparativa de tarjetas de desarrollo

Características	Arduino	Raspberry Pi	ESP8266
<b>Microcontrolador</b>	AVR o ARM	Broadcom BCM2835, ARM Cortex-A72	Tensilica LX6
<b>Voltaje de alimentación</b>	3.3V a 5 V	3.3V a 5 V	2.2V a 3.6V
<b>Consumo de energía</b>	19 mA – 85 mA	140 mA – 320 mA	80 mA-225 mA
<b>RAM</b>	2 KB a 8 KB	1GB a 8GB	80 KB
<b>Almacenamiento</b>	32 KB a 256 KB	Micro SD	4 MB a 16 MB
<b>Orientación</b>	Electrónica y sistemas embebidos	Computación de propósito general	IoT (Internet de las cosas)
<b>Aplicaciones</b>	Proyectos electrónicos y automatización	Servidores, proyectos de IoT, robótica	IoT, automatización, sensores
<b>Enfoque</b>	Programación de microcontroladores	Minicomputadora de propósito general	Desarrollo de dispositivos IoT
<b>Conectividad</b>	UART, SPI, I2C	WiFi, Bluetooth, Ethernet, HDMI USB, UART, SPI, I2C	Wifi, UART, SDIO, SPI, I2C, I2S, IR Remote Control
<b>Sistemas operativos que trabaja</b>	32 y 64 bits	32 y 64 bits	No requiere un sistema operativo de 32 o 64 bits para trabajar
<b>Peso</b>	13 - 25 g	23 - 45g	10.3 - 104 g
<b>Precio</b>	Económico	Variable	Económico

Fuente: Arduino, 2022; Raspberry Pi, 2022; Bala, 2018

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-17*, se ha optado por elegir la familia de placas de desarrollo Arduino para el componente electrónico encargado de medir el tiempo del atleta. Para esta tarea, es esencial contar con una placa que tenga dimensiones y peso reducidos, ya que se trata de un módulo portátil. Además, es crucial que presente un bajo consumo energético. Paralelamente, se ha decidido incorporar la tarjeta de desarrollo ESP8266. Esta elección se basa en su capacidad para establecer conexiones mediante WiFi y su eficiencia en cuanto al consumo de energía. La comunicación Wifi facilitará la transferencia de los datos producidos por el nodo central hacia la capa de visualización, satisfaciendo así los requisitos necesarios.

### 2.8.6 Batería

Se encarga de transforman la energía química en energía eléctrica a través de procesos electroquímicos. Hay diversos tipos de baterías con características químicas y físicas particulares,

que se aplican en una amplia variedad de dispositivos electrónicos y vehículos motorizados entre los cuales se tiene:

- a) **Batería de Litio:** requiere poco mantenimiento y no sufre del efecto memoria, además de no necesitar ser completamente descargada para mantener un buen rendimiento. La tasa de autodescarga es menor que la de las baterías de níquel, con un voltaje nominal por celda de 3.6V, lo que permite alimentar directamente dispositivos móviles y cámaras digitales (López Sánchez, 2019 pág. 41).
  
- b) **Batería de Níquel Cadmio (Ni-Cd):** se compone de un cátodo hecho de hidróxido de níquel, un ánodo hecho de un compuesto de cadmio y un electrolito compuesto de hidróxido de potasio. Esta combinación de materiales permite la recarga de la batería después de su descarga completa. La tecnología "delta peak" se utiliza para determinar el estado de carga completa, lo que implica un aumento de tensión detectado por el cargador que detiene el proceso de carga (López Sánchez, 2019 pág. 30).
  
- c) **Batería de Polímero de Litio (Li-Po):** se trata de una versión alternativa de las baterías de iones de litio, que pueden ser basadas en polímero o no. En el caso de las baterías de polímero de litio, la cantidad de energía específica que proporcionan es un poco mayor que la de las baterías de iones de litio convencionales y pueden ser más delgadas (López Sánchez, 2019).

En la *Tabla 2-18* se elabora un cuadro comparativo de tres baterías que están basadas en la información presentada.

**Tabla 2-18:** Comparativa de características de los tipos de baterías

Características	Litio	Níquel - Cadmio	Polímero de Litio
Voltaje Nominal	3.6 - 3.7 V	1.2 – 1.4 V	3.6 – 3.7 V
Energía específica	100-265 Wh/kg	40-60 Wh/kg	100-265 Wh/kg
Densidad de energía	150-250 Wh/L	50-150 Wh/L	200-400 Wh/L
Autodescarga	5% por mes	20 % por mes	5-10% por mes
Ciclos de carga	500-1000	500-1000	300-500
Tiempo de descarga	1-3 horas	1-3 horas	1-3 horas
Efecto memoria	No	Sí	No
Peso	Ligero	Pesado	Ligero
Costo	Moderado	Bajo	Moderado

Fuente: Nave, 2021; & Batery University, 2021

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-18*, Se elige utilizar baterías de tipo Li-Po debido a su tasa de descarga eficiente. Estas baterías permiten almacenar una cantidad significativa de energía en formatos compactos y ligeros, lo que resulta especialmente adecuado para dispositivos portátiles. Además, no es necesario agotar completamente su carga antes de recargarlas, ya que no presentan el efecto memoria. En términos de coste, estas baterías tienen un precio moderado.

### **2.8.7 Software para la programación de las Tarjetas de desarrollo.**

Se trata de un tipo de software cuya finalidad consiste en generar otros programas informáticos. Es decir, son programas que nos asisten en la creación de otros programas, razón por la cual también se les conoce como programas utilitarios, ya que proporcionan las herramientas y utilidades necesarias para llevar a cabo el desarrollo de software (Euroinnova Business School, 2022). A continuación, se proporciona una descripción de algunos softwares para programar tarjetas de desarrollo:

- a) **IDE de Arduino:** La plataforma de desarrollo integrado (IDE) engloba un conjunto de herramientas de software que capacitan a los desarrolladores para concebir y elaborar el código necesario con el fin de lograr el funcionamiento deseado en nuestra tarjeta. Gracias al IDE de Arduino, podemos redactar, depurar, editar y cargar nuestro programa, denominado "sketches" en el contexto de Arduino, de manera sumamente simple. Esta facilidad ha desempeñado un papel fundamental en el éxito de esta plataforma debido a su enfoque accesible (Aguayo, 2014).
- b) **Python:** Es un lenguaje de programación que está disponible públicamente y se caracteriza por ser orientado a objetos, tener una sintaxis sencilla y una fácil interpretación. Su estructura permite que el código se pueda leer con facilidad, lo que se parece al idioma inglés. Python es considerado un lenguaje interpretado, lo que implica que el código de programación se convierte en bytecode y luego es ejecutado por el intérprete. La máquina virtual de Python actúa como intérprete (Londoño, 2023).
- c) **Scratch:** Es un lenguaje de programación desarrollado por el MIT que busca hacer la programación accesible para todo el mundo. Se utiliza para crear proyectos interactivos como juegos, historias y animaciones, y además permite compartir fácilmente estos proyectos en la web con otras personas (Fuentes, 2016).

En la *Tabla 2-19* se elabora un cuadro comparativo de tres softwares para programar tarjetas de desarrollo que están basadas en la información presentada.

**Tabla 2-19:** Comparativa de software para tarjetas de desarrollo

Características	IDE de Arduino	Python	Scratch
Lenguaje de programación	C++	Python	Scratch
Propósito	Programación de microcontroladores	Lenguaje de propósito general	Programación visual para niños
Proyectos almacenados	Localmente en el equipo	Localmente en el equipo	En la nube o localmente en el equipo
Tamaño de instalación	170 MB mínimo	30 MB mínimo	150 MB mínimo
Memoria RAM necesaria	2 MB	65 MB	512 MB
Espacio de almacenamiento en disco	300 MB	200 MB	100 MB
Precio	Gratuito	Gratuito	Gratuito

**Fuente:** Arduino, 2020; Python Software Foundation, 2022; Scratch., 2022

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-19*, se ha seleccionado la IDE de Arduino como la mejor opción para el proyecto en cuestión debido a su lenguaje de programación, tamaño de instalación, memoria RAM necesaria, espacio de almacenamiento en disco y el precio, los cuales satisfacen las necesidades requeridas.

### **2.8.8 Software para desarrollo de aplicaciones móviles.**

El proceso de desarrollo de aplicaciones implica la identificación de los requisitos empresariales, la creación de un diseño, la creación de prototipos, la codificación, la prueba, la mejora y la eliminación de errores del software (Valencia, 2023).

A continuación, se proporciona una descripción de algunos softwares para programar aplicaciones móviles:

- a) **Android Studio:** El siguiente software de Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) se ha construido a partir de la herramienta de IntelliJ IDEA y contiene un editor de código altamente efectivo y diversas funciones para aumentar la productividad durante el proceso de desarrollo. Además, proporciona un sistema de compilación flexible, un emulador rápido y diversas herramientas para la identificación de problemas relacionados con la compatibilidad, rendimiento y usabilidad (Nielfa, 2020).

- b) **App Inventor:** El MIT en colaboración con Google desarrolló una plataforma basada en la web que permite crear aplicaciones nativas para dispositivos Android utilizando un lenguaje de programación visual basado en bloques de colores. La plataforma tiene una gran cantidad de usuarios, con más de 20 millones de aplicaciones creadas, y proporciona información y foros de discusión para profesores y estudiantes (Logroño, 2022).
- c) **Flutter:** es una compilación de recursos destinados a la creación de aplicaciones móviles para Android y iOS, inicialmente concebida por Google como un recurso interno y más adelante presentada como un programa de código abierto. En el presente, se considera uno de los proyectos más notables en el ámbito del avance de aplicaciones, habiendo extendido su enfoque para incluir aplicaciones en la web. y de escritorio en sus versiones recientes, aunque estas últimas aún se encuentran en una etapa experimental (Vinicio, 2019).

En la *Tabla 2-20* se elabora un cuadro comparativo de tres softwares para programar aplicaciones móviles que están basadas en la información presentada.

**Tabla 2-20:** Comparativa de software de aplicaciones móviles

Características	Android Studio	AppInventor	Flutter
Lenguajes de programación	Java, Kotlin, C++, and more	Blocks, Java	Dart
Plataforma	Android	Android, iOS	Android, iOS, Web
Memoria RAM recomendada	8 GB mínimo	2 GB mínimo	8 GB mínimo
Memoria de almacenamiento recomendada	4 GB mínimo	2 GB mínimo	2 GB mínimo
Licencia	Software libre y de código abierto	Software libre y de código abierto	Software libre y de código abierto
Simulación de apps	Android Emulator, Dispositivos virtuales y físicos conectados	Emulador de App Inventor	Flutter Simulator, Emulador de Android,
Compilador	Android SDK Build Tools	Compilación en la nube	Flutter SDK
Tiempo de compilación	Lento	No aplica	Rápido

**Fuente:** Android Studio, 2021; AppInventor, 2021; Flutter, 2021

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-20*, se ha seleccionado Android Studio como la mejor opción para el proyecto en cuestión debido a su lenguaje de programación, su licencia, memoria RAM necesaria, memoria

de almacenamiento recomendado y simulación de las apps, los cuales satisfacen las necesidades requeridas.

### 2.8.9 Base de datos

Se puede definir una Base de Datos como una herramienta que sirve para almacenar grandes cantidades de información de forma organizada, de manera que sea fácil de encontrar y utilizar. Muchas veces utilizamos bases de datos sin saberlo, como en el caso de una agenda que almacena nombres, direcciones y números telefónicos, que se puede ordenar alfabéticamente y actualizar periódicamente (Contenidos, 2020). A continuación, se proporciona una descripción de algunas bases de datos:

- a) **Microsoft SQL Server:** es un sistema líder en el mercado de gestión de bases de datos relacionales que se utiliza para una variedad de aplicaciones de software empresarial, especialmente en áreas de inteligencia empresarial y análisis en entornos corporativos (Reyes, 2018).
- b) **Oracle Database Cloud Service:** es una solución de alojamiento en la nube que ofrece recursos informáticos y de almacenamiento administrados a bajo costo para ejecutar aplicaciones de Oracle Database de manera segura. Con unidades de computación de máquina virtual adaptables y precios basados en el uso, es fácil cumplir con los requisitos de rendimiento y disponibilidad de la aplicación (Oracle, 2019).
- c) **Firestore Realtime Database:** esta base de datos permite guardar y actualizar información en la nube a través de nuestra base de datos NoSQL. Los datos se actualizan en tiempo real y están disponibles incluso cuando la aplicación no está conectada a internet, garantizando así la sincronización en todos los dispositivos (Firestore, 2021).

En la *Tabla 2-21* se elabora un cuadro comparativo de tres bases de datos que están basadas en la información presentada.

**Tabla 2-21:** Comparativa de Base de datos

Características	Microsoft SQL Server	Oracle Database Cloud Service.	Firestore Realtime Database
Modelo de datos	Relacional	Relacional	NoSQL
Lenguaje de consulta	SQL	SQL	API de Firestore Realtime Database

Integración con la nube	Azure	Oracle Cloud	Firebase
Tiempo de respuesta	Bajo	Bajo	Alto
Integración con otras plataformas	Tecnologías de Microsoft	Tecnologías Oracle	Aplicaciones móviles
Tamaño máximo de la base de datos	524,272 terabytes	2 petabytes	1 gigabyte
Tamaño máximo de tabla	8,192 petabytes	128 terabytes	256 megabytes
Tamaño máximo de fila	8,060 bytes	8,000 bytes	256 megabytes
Espacio en disco para instalación	6 GB	Depende de la configuración	No requiere instalación
Accesibilidad	Local y en la nube	En la nube	En la nube
Precio	Licencia o suscripción	Suscripción	Gratis o suscripción

**Fuente:** (Microsoft SQL Server., 2021; Oracle Database Cloud Service, 2021; Firebase Realtime Database, 2021)

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

En la *Tabla 2-21*, se ha seleccionado Firebase Realtime Database como la mejor opción para el proyecto en cuestión debido a su lenguaje de consulta, integración con la nube, tamaño máximo de la base de datos, tamaño máximo de tabla, tiempo de respuesta, tamaño máximo de fila, espacio en disco para la instalación, accesibilidad y el precio, los cuales satisfacen las necesidades requeridas.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presentan los requisitos necesarios para el sistema electrónico, se describe en detalle la arquitectura de este, incluyendo cada una de las etapas que lo conforman, el diagrama de bloques y los componentes de hardware y software requeridos para su desarrollo. Además, se especifican las conexiones, algoritmos y diagramas de flujo necesarios para construir el sistema electrónico encargado de medir y registrar los parámetros de velocidad en los atletas.

#### 3.1 Requerimientos del módulo electrónico

A partir de la investigación llevada a cabo en el capítulo previo, a continuación, se establecen los requisitos fundamentales para el diseño e implementación del proyecto:

- El sistema de entrenamiento consta de dos nodos principales: el **nodo central** conformado por un elemento y el **nodo de transmisión**, compuesto por dos elementos denominados transmisor 1 y transmisor 2.
- Todos los nodos trabajan comunicación por RF, mediante módulos RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA independiente, de tipo transeptores capaces de transmitir y recibir datos hasta distancia de 80 km en línea de vista, sin depender de una conexión a Internet.
- El nodo central dispone de un módulo Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI que permite la conexión Wi-Fi para la transferencia de los datos recopilados del por el nodo central.
- Comunicación serial para la conexión directa entre aplicación móvil y nodo central.
- El nodo central integra un Arduino Nano enlazado con una antena NFR y puerto serial, el nodo transmisor tiene similar arquitectura.
- El sistema tiene dos modos de trabajo. Modo posicionamiento por sensor para distancias totales en línea recta hasta de 40 metros y modo posicionamiento libre para distancias totales hasta de 80 metros.
- El nodo central dispone un sensor de tipo infrarrojo para la detección del atleta con un alcance de 0.2 a 8 metros, otro sensor infrarrojo para la ubicación del módulo cuando este

trabaja en modo de posicionamiento por sensor con un alcance hasta de 40 metros, puerto de carga de batería, y, por último, una pantalla OLED que muestra el tiempo y la distancia.

- Los transmisores 1 y 2 que componen el nodo de transmisión tiene un sensor infrarrojo para la detección del atleta con un alcance de 0.2 a 8 metros, otro sensor infrarrojo para la ubicación del módulo cuando este trabaja en modo de posicionamiento por sensor con un alcance hasta de 40 metros, un interruptor para encender y apagar el nodo, puerto de carga de batería, y, por último, una pantalla OLED que muestra el tiempo y la distancia.
- Gestión del bloque de almacenamiento a través de la creación de una base de datos ojalada en la nube en la plataforma Firebase para el almacenamiento de la información de cada atleta y de los resultados generados después de cada prueba de velocidad cuando se disponga de internet.
- Gestión del bloque de almacenamiento a través de la base de datos local cuando no se tenga conexión internet.
- Dispone de una aplicación móvil desarrollado en Android Studio, donde se realiza el registro del deportista con información básica (nombre, apellido, edad, altura, peso, etc.) en la base de datos.
- Generación de un código único de segunda dimensión QR para cada atleta después de que el entrenador haya completado el proceso de registro mediante la App móvil.
- La información de los atletas y los resultados recopilados en las pruebas se presentan en tablas especificando fecha y hora, estos reportes pueden descargar en formato pdf.
- Prototipo electrónico adaptado para la medición de los parámetros de las pruebas de velocidad de manera individual.

### **3.2 Concepción de la estructura global del sistema**

En la *Ilustración 3-1* se puede apreciar la configuración global del proyecto, la cual se compone de los siguientes componentes:

**Bloque de adquisición:** Divididos en dos nodos.

- **Nodo receptor - concentrador:** integrado por un sensor de presencia que identifica al deportista, otro sensor de distancia que se emplea cuando el sistema de entrenamiento opera en su configuración basada en sensor. Incorpora un Arduino Nano y un módulo NRF para la interacción con el nodo de transmisión, y cuenta con una placa de desarrollo ESP32 para la transferencia de datos mediante la comunicación WiFi.
- **Nodo transmisor:** los transmisores 1 y 2 presentan una estructura de hardware que se asemeja a la del nodo central, excepto por la ausencia de la placa de comunicación WiFi. La totalidad de los datos recopilados por estos dos componentes, como el tiempo y las distancias, son transmitidos al nodo receptor-concentrador.

**Bloque recepción:** su función consiste en recibir, procesar y comprender los datos suministrados por el bloque de adquisición. El nodo receptor-concentrador establece una conexión WiFi a través de un Gateway, que se vincula con la red y permite el acceso a la información almacenada en una base de datos en la nube.

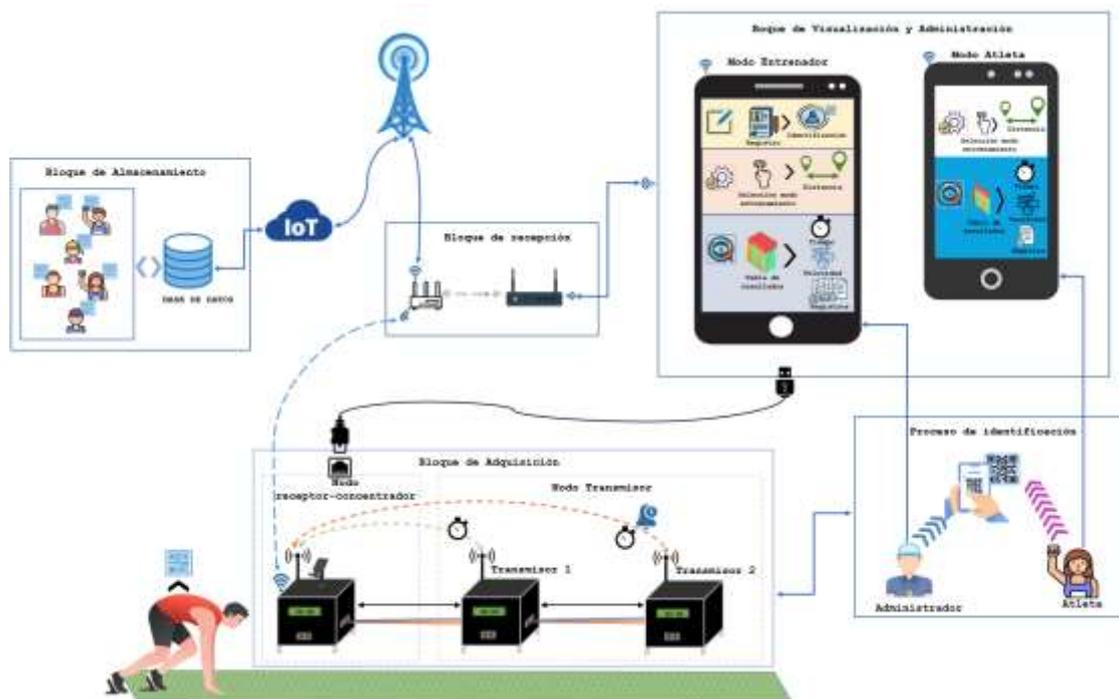
**Bloque de almacenamiento:** mediante una base de datos ubicada en la nube de Firebase, se almacena de forma estructurada la información y los logros conseguidos en cada sesión de entrenamiento de los atletas.

**Bloque de administración y visualización:** Se crea una aplicación para dispositivos móviles con dos opciones de ingreso. En el modo "Entrenador", se efectúa el proceso de inscripción de los atletas y se les asigna un código Q, este modo permite consultar informes individuales de cada estudiante. En el modo "Atleta", puede ver su información personal e historial de pruebas realizadas hasta el momento de la consulta.

Para llevar a cabo una prueba de velocidad, en el inicio, el deportista se identifica empleando su código QR, el cual es escaneado por el teléfono móvil del entrenador. Posteriormente, mediante la aplicación móvil se configurado el modo de posicionamiento de los tres elementos del prototipo electrónico, teniendo dos alternativas: 1) Posicionamiento por medio del sensor, 2) Posicionamiento libre. En la primera opción, el atleta o el entrenador tienen la posibilidad de ingresar a través de la aplicación móvil la distancia que se recorrerá en línea recta, teniendo como límite máximo 40 metros. En la fase inicial, el primer módulo se sitúa en la distancia cero, y para colocar el segundo módulo, la persona encargada avanza en línea recta hasta alcanzar la distancia requerida y establecida. El mismo procedimiento se realiza con dos elementos del nodo transmisor.

En el modo de posicionamiento libre, los módulos serán dispuestos de acuerdo con las necesidades de la prueba o entrenamiento, con una extensión máxima de 80 metros, este valor se determina mediante la aplicación móvil.

Después de colocar los módulos en su sitio, el atleta se prepara para comenzar su prueba de velocidad, siguiendo las instrucciones proporcionadas por el sistema. Una vez iniciado, el sistema inicia un conteo para permitir que el atleta comience su prueba. Cuando el corredor atraviesa el primer módulo y corta la señal del sensor infrarrojo, se inicia el cronómetro. Al llegar a la distancia media y cuando el sensor detecta al atleta, se envía una señal al módulo central para registrar el tiempo, y este proceso se repite para el tercer módulo dando paro al cronómetro digital. Toda la información recopilada se envía a la base de datos en la nube en caso de disponer conexión a internet, caso contrario, se almacena en la base de datos local. Las pruebas se realizan de forma individual.



**Ilustración 3-1** Concepción de la estructura global del prototipo electrónico

Realizado por: Silva E. & Quito R., 2023

### 3.3 Desarrollo del sistema del prototipo electrónico

Después de haber completado la concepción del proyecto, continuamos detallando el diseño del prototipo electrónico mediante la utilización de esquemas de bloques.

### 3.3.1 *Bloque de adquisición*

La estructura del esquema de adquisición de datos consta de cinco bloques, tal como se ilustra en la *Ilustración 3-2*.

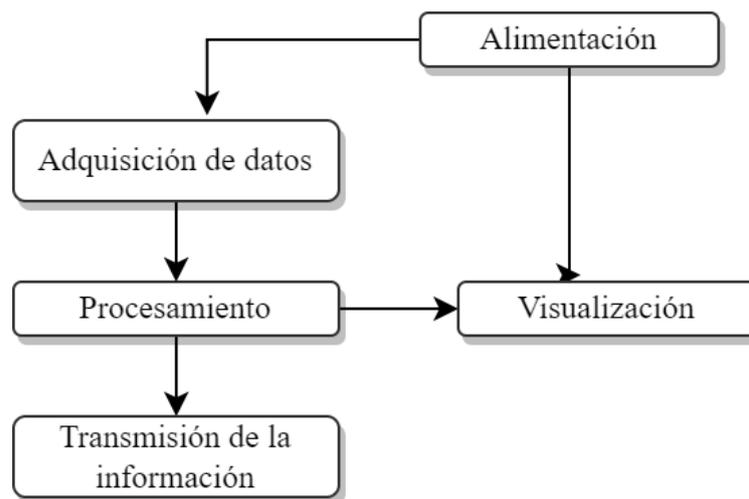
**Bloque de alimentación:** el sistema está compuesto por una batería de LiPo que desempeña el papel de proveer energía a la placa de desarrollo Arduino.

**Bloque de adquisición de datos:** constituido por un sensor que utiliza el inicio de un evento cronometrado para registrar los tiempos inicial, intermedio y final.

**Bloque de procesamiento:** el sistema incluye una placa de desarrollo Arduino Nano, la cual recibe los datos mediante los pines GPIO y se encarga de procesar la información adquirida.

**Bloque de visualización:** el sistema dispone de una pantalla que presenta de manera gráfica los valores numéricos de los datos adquiridos.

**Bloque de transmisión de información:** el sistema incorpora una antena de RF que tiene la responsabilidad de transmitir los datos procesados.



**Ilustración 3-2:** Diagrama de bloque del módulo de adquisición

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.3.2 *Bloque recepción*

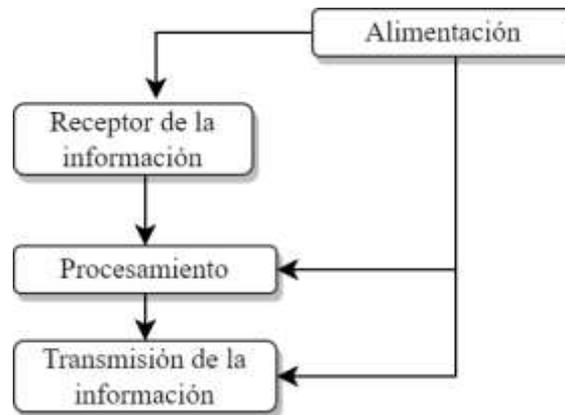
El esquema de bloques correspondiente a la recepción está compuesto por cuatro elementos, tal y como se puede apreciar en la *Ilustración 3-3*. A continuación, se proporciona un desglose detallado de cada uno de estos:

**Bloque de recepción de información:** dentro del sistema se encuentra una antena de RF cuyo objetivo principal es enviar los datos recopilados al módulo de procesamiento.

**Bloque de alimentación:** dentro del sistema se incorpora una fuente de energía enlazada a la red eléctrica, encargada de proveer potencia a los elementos constituyentes de esta capa.

**Bloque de procesamiento:** el sistema está compuesto por un Arduino Nano, el cual asume la tarea de recibir la información proveniente de la antena de radiofrecuencia y llevar a cabo su proceso.

**Bloque de transmisión de información:** dentro de la configuración del sistema, se encuentra presente el ESP8266, que establece conexión a través de WiFi con un Gateway que opera como punto de enlace de comunicación.



**Ilustración 3-3:** Diagrama de bloques de la capa de control y recepción

Realizado por: Silva E. & Quito R., 2023

### 3.3.3 *Bloque de administración y visualización*

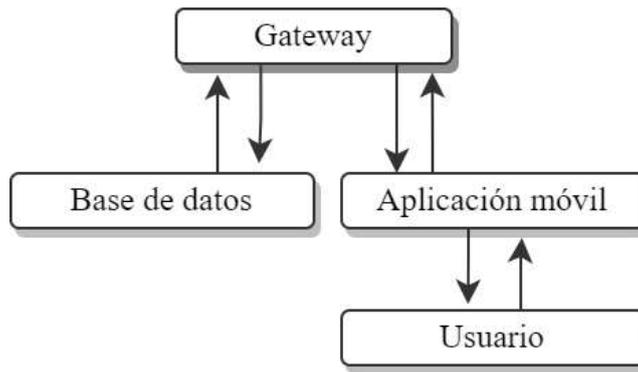
El diagrama de bloques de administración y visualización se compone de cuatro esquemas, tal como se puede apreciar en la *Ilustración 3-4* que se describe luego:

**Bloque Gateway:** el sistema está equipado con un enrutador que asume la responsabilidad de transferir los datos hacia la aplicación móvil y la base de datos.

**Bloque aplicación móvil:** se trata de una aplicación móvil desarrollada con el propósito de ingresar y registrar la información de los atletas, además de permitir la visualización del historial de entrenamientos previos de cada individuo.

**Bloque de base de datos:** consiste en una plataforma informática alojada en la nube que se encarga de reunir y almacenar los datos adquiridos.

**Bloque de usuario:** la conforman los atletas y el entrenador, quienes tendrán la capacidad de acceder a la aplicación para observar los datos recolectados.



**Ilustración 3-4:** Diagrama de bloques de gestión, visualizador y almacenamiento de información.

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.4 Selección y descripción de los elementos hardware

A continuación, se exponen los elementos físicos que constituyen parte del prototipo electrónico, junto con las características más significativas de cada uno de ellos.

#### 3.4.1 TF02-Pro Lidar sensor 131.2 ft

En la *Ilustración 3-5* se puede observar los sensores de distancia de rango medio Benewake TF02-Pro LiDAR son sensores de medición de un solo punto con una precisión mejorada de diferentes reflectividades, lo que permite una detección estable, precisa, sensible y de alta frecuencia. Con un rango de detección de hasta 40 metros, los componentes también ofrecen resistencia a la luz ambiental de hasta 100Klux y una frecuencia de cuadro de hasta 1000Hz. Los sensores TF02-Pro están disponibles con dos formatos de salida de datos, el formato de salida de datos estándar y el formato de cadena de caracteres, ambos se pueden cambiar con un comando (Mouser Electronics, 2023).



**Ilustración 3-5:** Sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 3-1* se presentan las principales características del dispositivo, basadas en la información proporcionada en el datasheet adjunto (Anexo A).

**Tabla 3-1:** Características del sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft

Descripción	Características
Distancia de detección	0.05 m a 40 m
Voltaje de alimentación operativo	5 V a 12 V
Corriente de suministro operativa	200 mA
Tipo de interfaz:	I2C
Temperatura de trabajo mínima:	- 20 C
Temperatura de trabajo máxima	+ 60 C
Descripción/Función	LiDAR - Mid range distance sensors

Fuente: Mouser Electronics, 2023

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.4.2 *Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA con antena*

En la *Ilustración 3-6* se observa el módulo transceiver RF (emisor y receptor) de 2,4GHz NRF24L01 fabricado por Nordic Semiconductor es ideal para comunicar proyectos de forma inalámbrica, opera en la banda de 2.4GHz (Industrial, Científica y Médica) y posee un consumo ultra bajo (ULP). El chip Nordic nRF24L01+ integra un completo transceiver de 2.4Ghz, Sintetizador RF y lógica con el mejorado ShockBurst™ (acelerador de protocolo por hardware para comunicación por SPI con microcontrolador). Esta versión de módulo posee además un circuito amplificador de potencia (PA), un circuito amplificador de bajo ruido (LNA) además de una antena SMA que le permite lograr un rango de hasta 1000m en campo de vista (Mechatronics, 2023).



**Ilustración 3-6:** Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA con antena

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 3-2* se presentan las principales características del dispositivo, basadas en la información proporcionada en el datasheet adjunto (Anexo B).

**Tabla 3-2:** Características del módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA

Descripción	Características
Voltaje de alimentación	1.9 a 3.6V
Voltaje de funcionamiento del puerto SPI	0 a 3.3v / 5v (Tolerante a 5V)
Consumo corriente	115 mA (max.)
Interfaz digital	SPI
Potencia de transmisión	+20 dBm
Sensibilidad de Recepción	≤ -95dBm (a 1Mbps)
Alcance de transmisión	1000m en zona abierta (línea de vista)

Fuente: Mechatronics, 2023

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.4.3 *Display OLED 0.91" I2C 128\*32 SSD1306*

En la *Ilustración 3-7* se observa las pantallas OLED se destacan por su gran contraste y mínimo consumo de energía, esto es debido a que cada pixel genera su luz y no necesita de retroiluminación (Backlight) como los LCD, lo que hace que su consumo de energía sea mucho menor y aumenta su contraste. El display Oled 0.91" I2C SSD1306 posee una resolución de 128\*32 píxeles, permitiendo controlar cada píxel individualmente y mostrar tanto texto como gráficos. El display posee interfaz de comunicación de tipo I2C. Diseñado para trabajar a 5V directamente gracias a su regulador de voltaje en placa y puede trabajar con sistemas de 3.3V o 5V sin necesidad de conversores (Sac, 2023).



**Ilustración 3-7:** Display OLED 0.91" I2C 128\*32 SSD1306

Realizado por: Silva E. & Quito R., 2023

En la *Tabla 3-3* se presentan las principales características del dispositivo, basadas en la información proporcionada en el datasheet adjunto (Anexo C).

**Tabla 3-3:** Características del Display OLED 0.91" I2C 128\*32 SSD1306

Descripción	Características
Voltaje de operación	3V – 5.5V
Driver	SSD1306
Temperatura de trabajo	-30°C ~ 70°C
Interfaz	I2C
Consumo de energía ultra bajo	0.04W (cuando están encendidos todos los píxeles)
Resolución:	128*32 píxeles
Dimensiones	38*12*2.6 mm

**Fuente:** Sac, 2023

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

#### 3.4.4 *Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)*

En la *Ilustración 3-8* se observa el sensor lidar single-point basado en el principio de tiempo de vuelo (ToF), es de alta sensibilidad, estabilidad y con un diseño único. Rango de detección: 0.2 a 8m. Usado en robots y UAVs (SEN, 2023).



**Ilustración 3-8:** Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 3-4* se presentan las principales características del dispositivo, basadas en la información proporcionada en el datasheet adjunto (Anexo D).

**Tabla 3-4:** Características del Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)

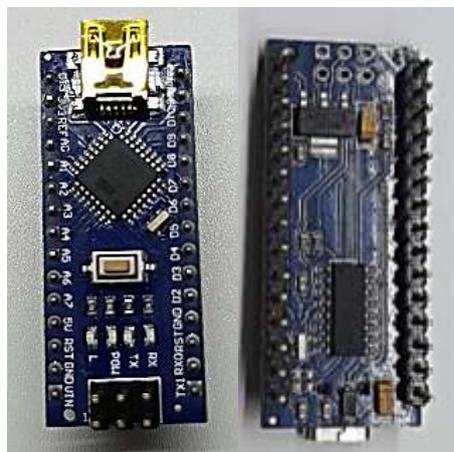
Descripción	Características
Voltaje de funcionamiento	5V
Rango de detección	0.2-8m
Resolución	1cm
Interfaz de datos	UART/I2C
Frecuencia	100Hz
Resistencia a la luz ambiente	70klux
Dimensiones	35x21.25mm

Fuente: SEN, 2023

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.4.5 *Arduino Nano*

En la *Ilustración 3-9* se muestra que el Arduino Nano está fundamentado en un ATmega328, compartiendo la misma ATmega328P presente en el Arduino UNO. La diferencia clave entre ambos radica en que el Arduino UNO se encuentra en una presentación PDIP (Paquete de Doble Hilera de Plástico) con 30 pines, en contraste con el Arduino Nano que se ofrece en un formato TQFP (Paquete Cuadrado de Plástico) con 32 pines. Los dos terminales extras en el Arduino Nano se encuentran asignados para las tareas del Conversor Analógico-Digital, en contraposición al UNO que presenta 6 puertos Conversor Analógico-Digital, mientras que el Nano cuenta con 8 puertos Conversor Analógico-Digital (Damián, 2023).



**Ilustración 3-9:** Arduino Nano

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 3-5* se presentan las principales características del dispositivo, basadas en la información proporcionada en el datasheet adjunto (Anexo E).

**Tabla 3-5:** Características del Arduino Nano

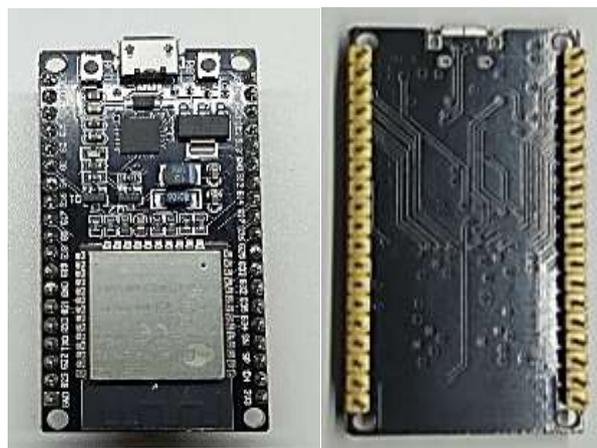
Descripción	Características
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5 V
Velocidad del reloj	16 MHz
Corriente continua por pin entrada salida	40 mA (Pines de E/S)
Voltaje de entrada	7-12 V
Pines de E/S digitales	22
Consumo de energía	19 mA

**Fuente:** Damián, 2023

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.4.6 *Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI*

Es una plataforma de desarrollo similar a Arduino especialmente orientada al Internet de las cosas (IoT). Como se muestra en la *Ilustración 3-10* la placa Wemos D1 Mini ESP8266 tiene como núcleo al SoM ESP-12E que a su vez está basado en el SoC Wi-Fi ESP8266, integra además el conversor USB-Serial TTL CH340G y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación a PC. Wemos D1 mini está diseñado especialmente para trabajar montado en protoboard o soldado sobre una placa. Posee un regulador de voltaje de 3.3V en placa, esto permite alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines 5V y GND (Naylamp Mechatronics, 2023).



**Ilustración 3-10:** Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

En la *Tabla 3-6* se presentan las principales características del dispositivo, basadas en la información proporcionada en el datasheet adjunto (Anexo F).

**Tabla 3-6:** Características del Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI

Descripción	Características
Voltaje de Alimentación	5V
Voltaje de Entradas/Salidas	3.3V
Corriente Pico	400Ma
Consumo corriente promedio	70mA
Frecuencia de Reloj	80MHz/160MHz
Dimensiones	35*26*12 mm
Placa	WeMos D1 mini

**Fuente:** Naylamp Mechatronics, 2023

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.4.7 *Batería para prototipo electrónico*

Dentro de los nodos de transmisión y en el nodo central, se encuentran los siguientes elementos: los dispositivos LiDAR TF-Luna y TF02-Pro, así como los módulos de radiofrecuencia NRF24L01 de 2.4GHz. Adicionalmente, se incorpora un Arduino Nano y un display OLED con una resolución de 128 x 32 píxeles. Con el fin de calcular el consumo teórico total de corriente en los nodos, se realizó una investigación en fuentes de referencia y se extrajeron los valores individuales de corriente proporcionados por las hojas de datos correspondientes a cada componente. Estos valores se sumaron y se exponen en detalle en la *Tabla 3-7*.

**Tabla 3-7:** Consumo de corriente estimado en los nodos de transmisión y en el nodo central

Elementos	Consumo de corrientes
Sensor LiDAR TF-Luna	85 mA
Sensor TF02-Pro Lidar	130 mA
Pantalla OLED 128 x 32	10 mA
Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01	13.5 mA
Arduino nano	19 mA
Total (□□)	257.5 mA

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

Dentro del módulo central se integran los módulos RF-NRF24L01, un Arduino Nano y un Esp8266. A través de la consulta de fuentes bibliográficas, se pudo calcular la corriente total estimada en términos teóricos para el módulo central. Este cálculo se derivó de la suma de las

corrientes individuales de cada componente, tal como se detalla en las hojas de datos respectivas. Los resultados detallados se exhiben en la *Tabla 3-8*.

**Tabla 3-8:** Estimación de la corriente teórica consumida por el módulo central

Elementos	Consumo de corrientes
Módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01	13.5 mA
Esp8266	80 mA
Total (□□)	93.5 mA

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

Utilizando como base los valores teóricos de consumo de corriente obtenidos de la *Tabla 3-7* y en la *Tabla 3-8*, se ha decidido elegir una batería Power Bank con una capacidad de 5V y 5000 mA, la cual se encuentra ilustrada en la *Ilustración 3-11*. Esta elección fue realizada en función de las necesidades de corriente identificadas para los diversos componentes presentes en los módulos de transmisión y central.



**Ilustración 3-11:** Batería Power Bank de 5000 mAh

Realizado por: Silva E. & Quito R., 2023

La *Tabla 3-9* exhibe las características fundamentales de la batería Power Bank de 5000 mAh, basadas en los detalles suministrados en el datasheet anexo (Anexo G).

**Tabla 3-9:** Características de la batería Power Bank de 5000 mAh

Descripción	Características
Voltaje (Vb)	5 V
Corriente (Ib)	5000 mAh
Diseño de carga	Cable Micro USB a USB, de 25 cm

Fuente: Steren, 2023

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

Para determinar la duración de la batería, se emplea la ecuación 2

$$h = \frac{Vb \cdot Ib}{Vb \cdot Ic} \quad (2)$$

Donde:

- (h) tiempo de funcionamiento de la batería en horas
- (Vb) voltaje de la batería
- (Ib) corriente de la batería
- (Ic) cantidad completa de corriente consumida

Teniendo en cuenta la *ecuación 2*, se estima que la batería tiene una duración de aproximadamente 9.66 horas. Esto significa que la batería puede alimentar el prototipo electrónico durante unas diez sesiones de entrenamiento, con cada sesión teniendo una duración aproximada de 6 horas.

### **3.5 Diagrama de comunicación del prototipo electrónico.**

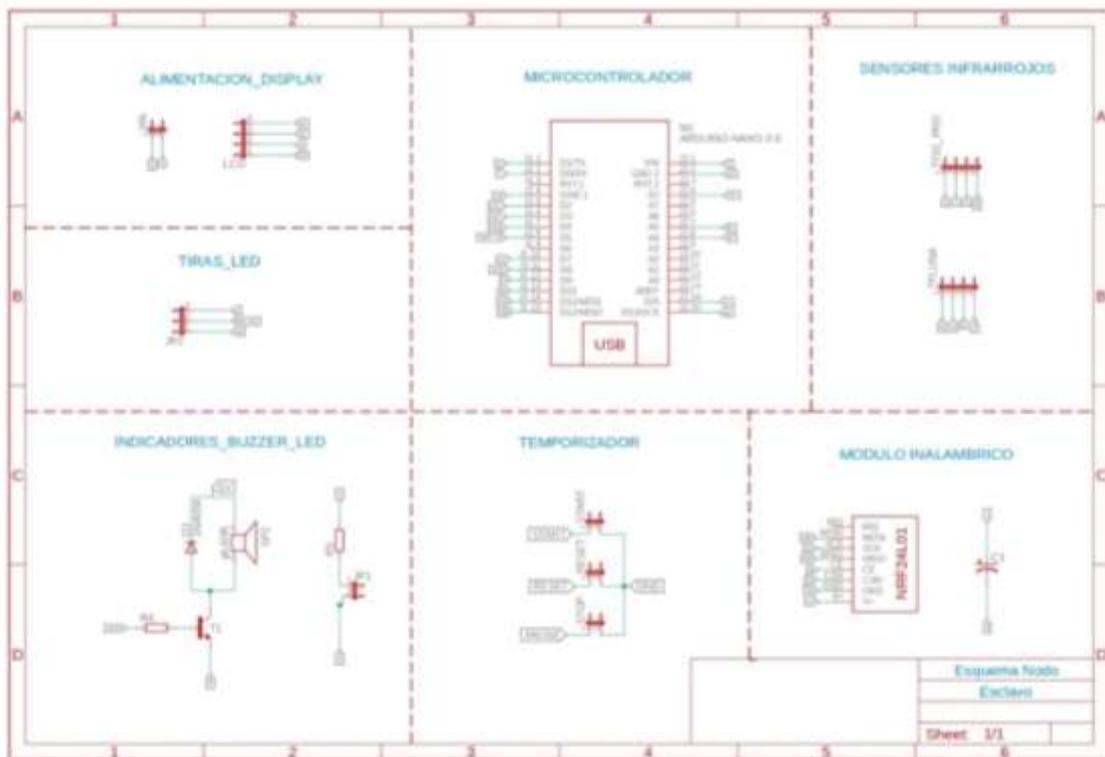
Mediante la utilización de los componentes de hardware elegidos, se crean los diagramas de comunicación para los dispositivos que constituyen tanto el nodo central como el nodo de transmisión.

#### **3.5.1 Diagrama de comunicación del nodo central**

La *Ilustración 3-12* muestran el esquema de enlace del nodo central, que incluye la tarjeta de desarrollo Arduino Nano. Esta placa desempeña las funciones de procesamiento y transmisión de datos. También, se emplea el módulo NRF24L01 para intercambiar información con los nodos de transmisión. A continuación, se proporciona información sobre las interconexiones fundamentales para garantizar el funcionamiento óptimo del nodo central:

- Se realiza la vinculación entre el pin V+ del módulo NRF24L01 y el pin 3V3 del Arduino Nano, lo que permite suministrar energía a la antena y permitir su funcionalidad.
- La placa Arduino Nano recibe energía a través del pin 5V, el cual se encuentra enlazado a la entrada de voltaje VIN.
- El pin MOSI del módulo NRF24L01 se enlaza con el pin D11/MOSI del Arduino Nano, lo que facilita la recepción de datos desde la placa de desarrollo.
- El pin MISO del módulo NRF24L01 se enlaza con el pin D12/MISO del Arduino Nano, lo que permite que el nodo transmita datos desde la placa de desarrollo.

- Los pines D1/TX y D0/RX del Arduino Nano constituyen los puertos de conexión serie empleados para la entrega de información con la placa Wemos D1 mini ESP8266.
- Los pines D2, D3 y D4 del Arduino Nano forman el temporizador destinado a sus funciones correspondientes de inicio, reinicio y pausa.
- El pin D5 del Arduino Nano actúa como una salida enlazada a un indicador LED que señala la presencia de una comunicación RF con los nodos de transmisión.



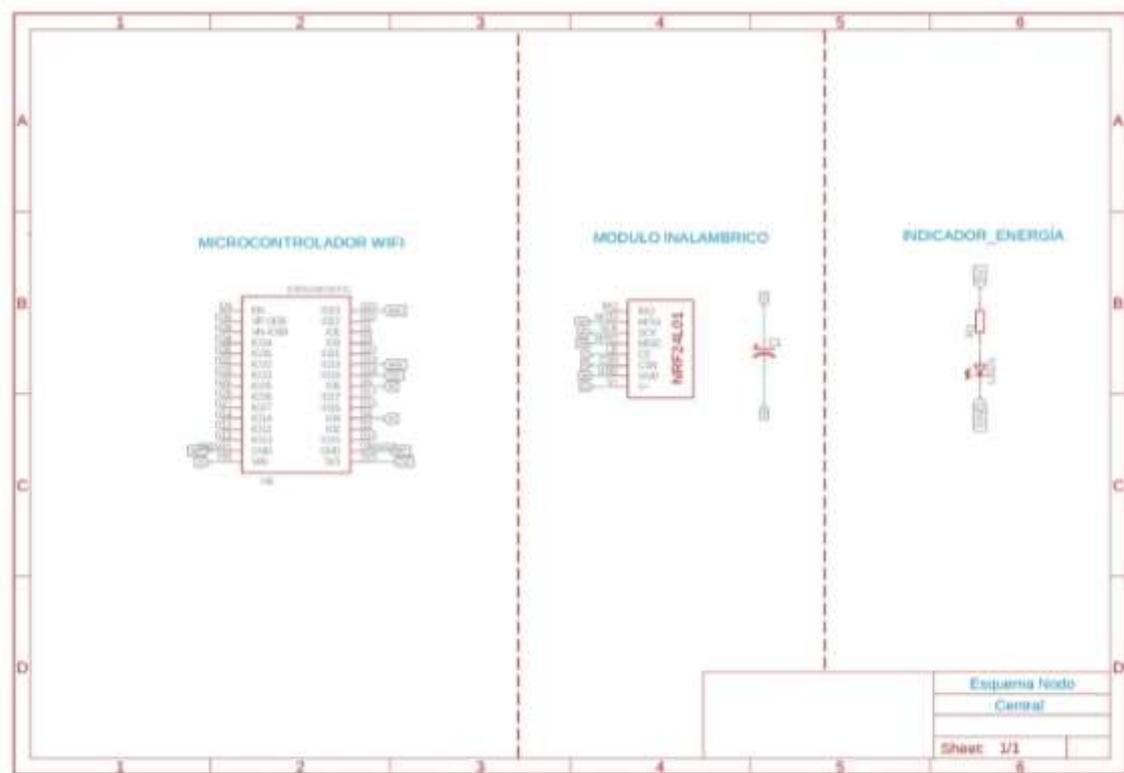
**Ilustración 3-12:** Diagrama de interacción del nodo central.

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

La *Ilustración 3-13* ilustra el diagrama de conexión del módulo en el nodo central, que incluye el Wemos D1 mini ESP8266 y el módulo NRF24L01. Estas placas son responsables del procesamiento y la transmisión de datos mediante la conexión WiFi. Además, el módulo NRF24L01 se emplea para recibir y enviar información a los nodos de transmisión. En las siguientes líneas, se detallan las interconexiones fundamentales para garantizar el funcionamiento adecuado:

- El enlace entre el pin V+ del módulo NRF24L01 y el pin 3V3 del ESP8266 permite el suministro de energía a la antena para garantizar su adecuado rendimiento.
- La energía para la placa Wemos D1 mini ESP8266 se suministra mediante el pin de 5V.

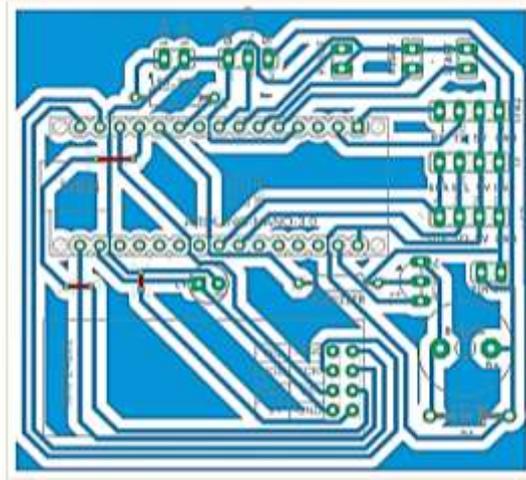
- El pin MOSI del módulo NRF24L01 se comunica con el pin D23/MOSI del ESP8266, lo que habilita la adquisición de datos desde la placa de desarrollo.
- El pin MISO del módulo NRF24L01 se encuentra enlazado al pin D19/MISO del ESP8266, permitiendo así la transferencia de datos desde la placa de desarrollo.



**Ilustración 3-13:** Diagrama de interacción del módulo central

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

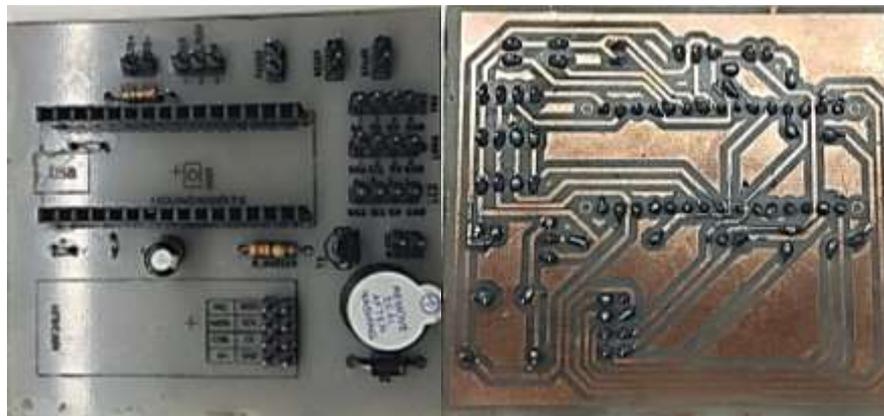
Una vez que se configuraron las conexiones correctas de todos los elementos, se avanzó con la creación del diseño de la placa empleando la versión 9.0.0 de Eagle, una herramienta que simplifica la creación de circuitos impresos (PCBs). En la *Ilustración 3-14* representa el esquema de la placa PCB correspondiente al nodo central.



**Ilustración 3-14:** Diseño de la PCB del nodo central

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

Enseguida, se muestra la placa de circuito impreso (PCB) desde su lado frontal, con todas las implementaciones físicas visibles en la *Ilustración 3-15 (a)*, y en su lado posterior, la placa soldada con los componentes necesarios, como se presenta en la *Ilustración 3-15 (b)*.



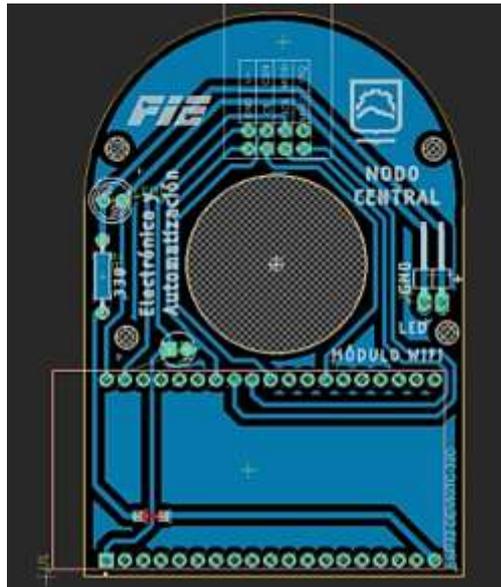
(a)

(b)

**Ilustración 3-15:** PCB del nodo central. a) Cara frontal, b) Parte posterior

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

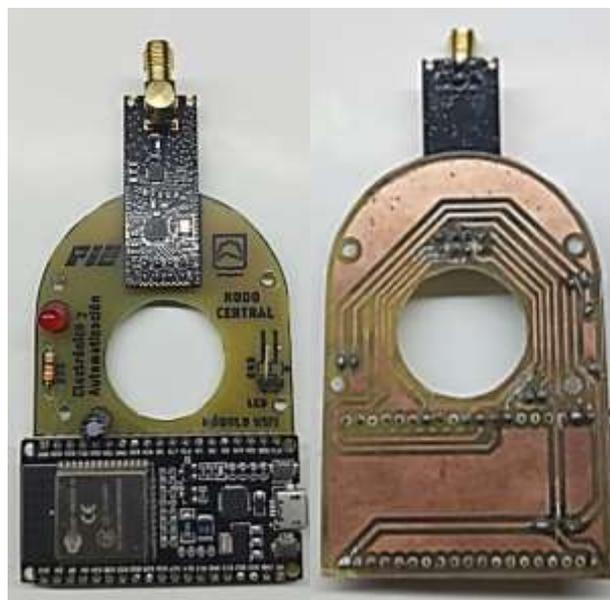
En la *Ilustración 3-16* se muestra el diseño de la placa PCB del módulo del nodo central.



**Ilustración 3-16:** Diseño de la PCB del módulo del nodo central

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

A continuación, se exhibe la placa de circuito impreso (PCB) desde su cara frontal, donde se pueden apreciar todas las conexiones físicas en la *Ilustración 3-17 (a)*, y en la parte posterior se muestra la placa con los componentes necesarios correctamente soldados, como se ilustra en la *Ilustración 3-17 (b)*.



(a)

(b)

**Ilustración 3-17:** PCB del módulo del nodo central. a) Cara frontal, b)

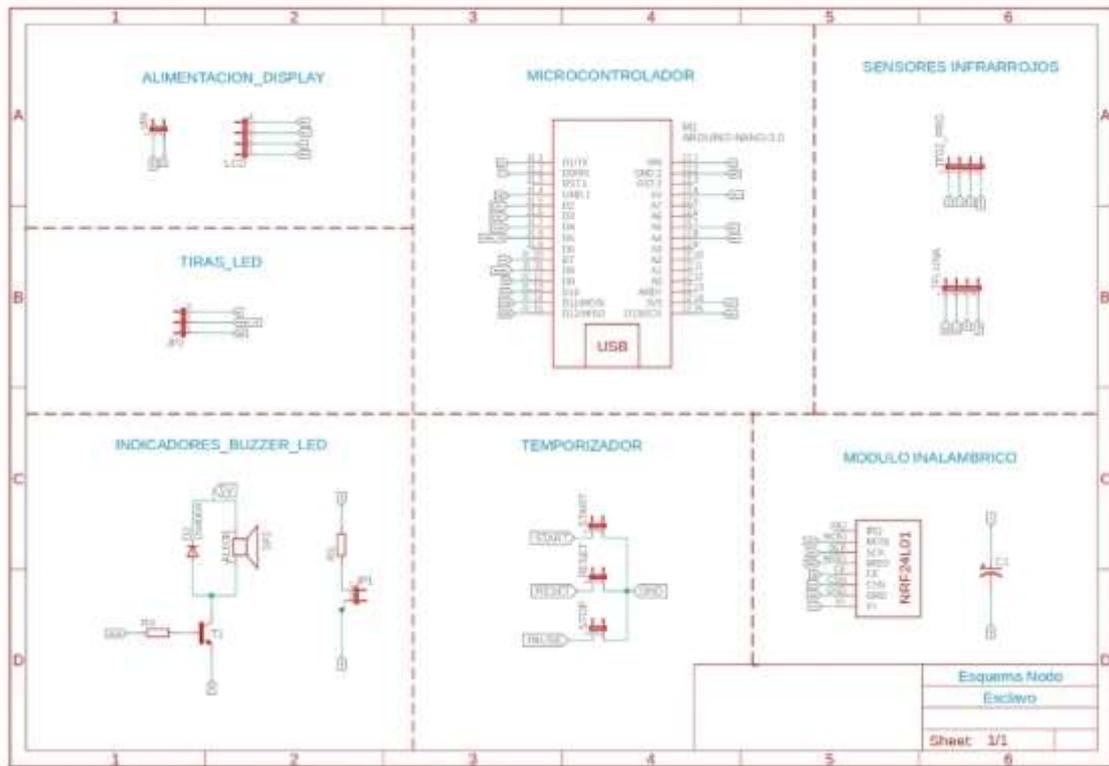
Parte posterior

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.5.2 *Diagrama de comunicación del nodo de transmisión*

La *Ilustración 3-18* muestra el esquema de conexión de los nodos de transmisión, el cual incluye la tarjeta de desarrollo Arduino Nano para el procesamiento y envío de datos, el módulo NRF24L01 utilizado para recibir y enviar información a los nodos de transmisión y central, y una pantalla OLED que permite la visualización de los datos de tiempo. En las líneas siguientes, se detallan las interconexiones requeridas para asegurar el adecuado rendimiento del nodo de transmisión:

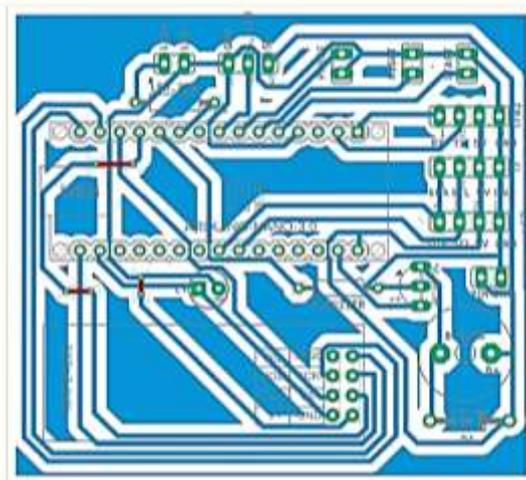
- El pin V+ del módulo NRF24L01 se encuentra enlazado con el pin 3V3 del Arduino Nano, lo cual posibilitará proporcionar energía a la antena para su operación.
- La placa Arduino Nano recibe energía a través del pin de 5V, el cual está conectado a la entrada de alimentación VIN.
- La conexión del pin MOSI del módulo NRF24L01 se realiza con el pin D11/MOSI del Arduino Nano, lo cual posibilita al módulo recibir información proveniente de la placa de desarrollo.
- El pin MISO del módulo NRF24L0 se enlaza con el pin D12/MISO del Arduino Nano, habilitando la transmisión de información desde el módulo hacia la placa de desarrollo.
- Los pines D2, D3 y D4 del Arduino Nano constituyen el circuito de temporización para el inicio, reinicio y pausa correspondientes.
- El pin D5 del Arduino Nano funciona como una salida vinculada a un LED indicador que señala la presencia de comunicación por radiofrecuencia con los nodos secundarios.
- Para mostrar los datos, Arduino transmite la información al dispositivo de visualización mediante la comunicación en serie I2C, utilizando los pines SCL y SDA.



**Ilustración 3-18:** Diagrama de interacción de los nodos de transmisión

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

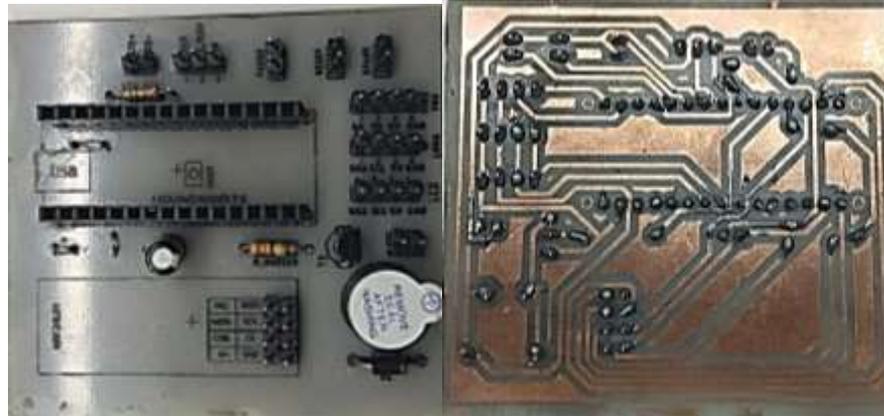
Una vez que se establecieron las conexiones correctas de todos los elementos, se avanzó con la creación del diseño de la placa utilizando la versión 9.0.0 de Eagle, una utilidad que simplifica la elaboración de PCBs. En la *Ilustración 3-19* representa el esquema de la placa PCB del nodo central.



**Ilustración 3-19:** Diseño de la PCB de los nodos de transmisión

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

A continuación, se muestra la placa de circuito impreso (PCB) desde su cara frontal, donde se pueden observar todas las conexiones físicas en la *Ilustración 3-20 (a)*. En la parte posterior, se presenta la placa con los componentes necesarios correctamente soldados, como se ilustra en la *Ilustración 3-20 (b)*.



(a)

(b)

**Ilustración 3-20:** PCB de los nodos de transmisión. a) Cara frontal, b) Parte posterior

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

### 3.6 Software de desarrollo del módulo electrónico

El control del prototipo electrónico se realiza mediante la programación estructurada, utilizando los siguientes softwares mencionados a continuación:

#### Arduino IDE 1.8.19

Esta herramienta de funcionalidad versátil trabaja en múltiples sistemas operativos, incluyendo Gnu/Linux, Windows y macOS. Su propósito principal consiste en desarrollar y cargar códigos en dispositivos que sean adecuados para Arduino. Además, cuenta con la capacidad de interactuar con núcleos provistos por terceros, es posible emplearla también en placas de desarrollo de otros fabricantes. La variable del editor es fácil de comprender y clara, y dentro de ella se localizan alternativas para llevar a cabo tareas como recortar, insertar, buscar y reemplazar fragmentos de texto. Dentro de la categoría de mensajes, se suministran información al guardar y exportar, y también se visualizan posibles errores que puedan presentarse (Damián, 2022).

## **Firestore Realtime Database**

Simplifica la conservación y la sincronización en tiempo real de la información de los diferentes usuarios de tu aplicación. También posibilita a los usuarios acceder a esos datos desde distintos dispositivos, tanto en la web como en dispositivos móviles. Dentro del contexto de Firestore, esta característica puede ser interpretada como una respuesta para atender la exigencia de gestionar el resguardo y la distribución de datos de un servidor durante la etapa de elaboración de aplicaciones. Es relevante resaltar que establecer y mantener una base de datos podría convertirse en una labor bastante intrincada (KeepCoding, 2022).

## **Android studio 11.0.11**

Se trata de una plataforma oficial de desarrollo integrado que se utiliza para construir aplicaciones en el entorno de Android. Se fundamenta en el software IntelliJ IDEA de JetBrains, Realiza la creación de aplicaciones, junto con emuladores, códigos predefinidos y una conexión con Github, Android Studio opera como el entorno de desarrollo integrado respaldado por Google que está especialmente diseñado para la programación Android. Su base se construye sobre el marco JetBrains IntelliJ IDEA. En el ámbito de la generación, evaluación, ejecución y empaquetado de aplicaciones, Android Studio hace uso de un conjunto de herramientas característico del sistema de construcción en Android (Isaac, 2022).

## **Eagle de Autodesk version 9.0.0**

Se trata de un programa orientado a la creación de circuitos impresos y ha tenido un impacto importante entre los entusiastas y expertos en diseño de hardware. Esto se debe a que fue una de las primeras elecciones con licencias gratuitas restringidas en su momento. A modo de ejemplo, los esquemas de Arduino se comparten en su estructura, y es uno de los escasos softwares en el ámbito del diseño electrónico que puede ser utilizado en sistemas operativos. Es una utilidad eficaz en la elaboración de circuitos impresos (PCBs), es compatible con diversas plataformas y cuenta con el respaldo de una comunidad activa de usuarios que comparten una amplia gama de proyectos para su utilización o análisis (Universidad de Granada, 2017).

### **3.7 Base de datos en Firestore**

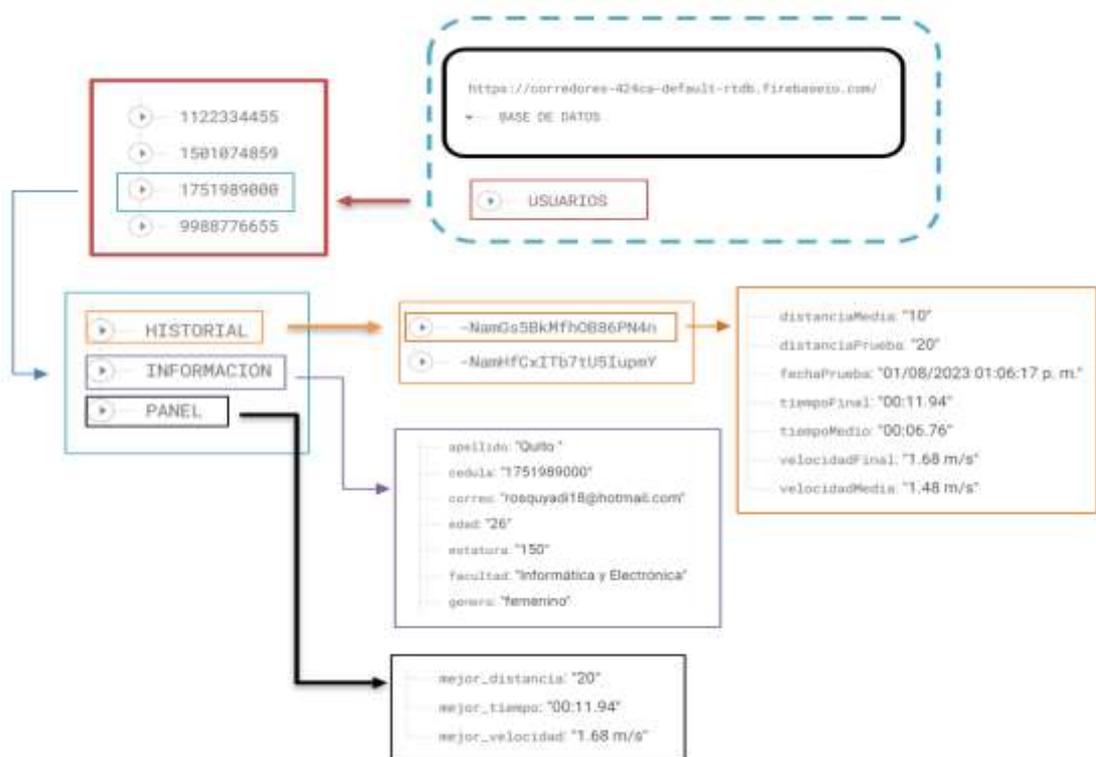
La responsabilidad del ESP8266 Wemos D1 Mini radica en establecer la comunicación con Firestore y almacenar la información que es recibida. En la *Ilustración 3-21* muestra que la base de datos "usuarios" está alojada en el HOST correspondiente, que es <https://corredores-424ca->

default-rtdb.firebaseio.com/. En esta base de datos, se agregan los usuarios, quienes representan a los atletas del equipo deportivo.

Dentro de la sección "usuarios", en la categoría "historial", se añaden las diferentes pruebas establecidas por el entrenador, incluyendo información como la distancia media, distancia de la prueba, fecha, tiempo final, tiempo medio, velocidad final y velocidad media. En la categoría "información", se requiere que al registrar a un atleta se ingresen datos específicos como apellido, número de cédula, correo, edad, estatura, facultad, género, índice de masa corporal (IMC), nombre, peso y teléfono. Por último, en la categoría "panel" se muestran los mejores registros en distancia, tiempo y velocidad.

Toda esta información es recopilada por los nodos de transmisión, que se encargan de recolectar y transmitir datos mediante radiofrecuencia hacia el nodo central. Este nodo central, a su vez, envía los datos al ESP8266 Wemos D1 Mini para establecer la conexión con Firebase y almacenar la información recibida. De esta manera, se logra una supervisión completa de la medición y registro de parámetros en las pruebas de velocidad en todas sus etapas.

### 3.8 Programación de los nodos del módulo electrónico



**Ilustración 3-21:** Pasos para establecer la conexión entre la base de datos y la ESP8266

Wemos D1 Mini

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

A continuación, se proporciona una explicación detallada de los diagramas de flujo vinculados con la programación de las tarjetas de desarrollo Arduino Nano, ESP8266, y la aplicación mediante el software Android Studio como se indica en el Anexo H, Anexo I y el Anexo J.

### 3.8.1 Programa que se ejecuta en el módulo central, receptor – concentrador

La *Ilustración 3-22* representa el esquema de flujo que concierne al procedimiento del algoritmo del bloque de procesamiento del nodo central. La codificación se lleva a cabo en el entorno de desarrollo Arduino 1.8.19 y se estructura de la manera siguiente:

#### Configuración inicial

En la *Tabla 3-10* se definen las librerías que se usa en el proceso de inicialización

**Tabla 3-10:** Librerías para nodo central

Librería	Función
<b>Wire.h</b>	Permite comunicarse con dispositivos por bus I2C (Inter-Integrated Circuit o 2 alambres). Usa dos líneas: SDA (datos) y SCL (reloj) (Wire, 2019).
<b>TFTL2.h</b>	Permite que una placa Arduino se comunique con la pantalla LCD TFT de Arduino. Simplifica el proceso de dibujar formas, líneas, imágenes y texto en la pantalla (GitHub, 2023).
<b>SPI.h</b>	Permite comunicarse con dispositivos SPI, con Arduino como dispositivo controlador (Arduino, 2022).
<b>SoftwareSerial.h</b>	Permite la comunicación en serie en otros pines digitales de una placa Arduino, utilizando software para replicar la funcionalidad (de ahí el nombre "SoftwareSerial") (Arduino, 2023).
<b>NRF24L01.h</b>	Es un transceptor para establecer una conexión y transferir datos de un dispositivo a otro a través de ondas de radio (Xukyo, 2020)
<b>RF24.h</b>	Controlador de radio, biblioteca OSI capa 2 para módulos nrf24L01(+). Biblioteca central para comunicación nRF24L01(+) (TMRh, 2023).

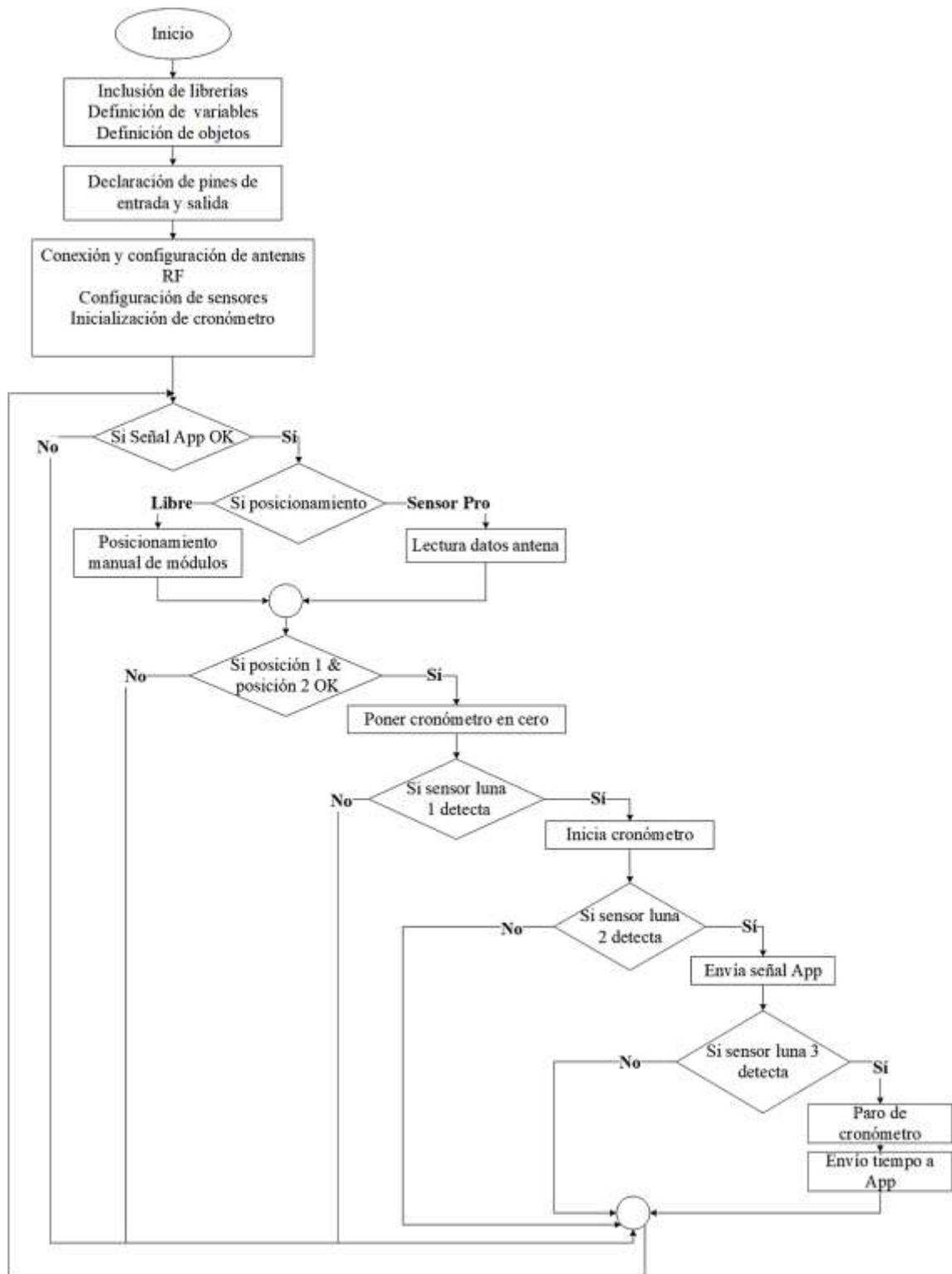
**Fuente:** Wire, 2019; GitHub, 2023; Arduino, 2022; Arduino, 2023; Xukyo, 2020; TMRh, 2023

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

Después de agregar las bibliotecas necesarias, se procede con:

- Definir variables y objetos.
- Declaración de pines de entrada y salida.
- Asignación de terminales de comunicación serial.
- Conexión y configuración de antenas en pantalla.
- Inicialización de cronómetro

- Inicio de comunicaciones



**Ilustración 3-22:** Diagrama de flujo del módulo central

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.8.2 Programa que se ejecuta en el nodo de transmisión

En la *Ilustración 3-23* presenta el esquema de flujo que se relaciona con el funcionamiento del algoritmo en el bloque de procesamiento del nodo de transmisión. La codificación se lleva a cabo empleando el entorno de programación Arduino 1.8.19.

#### Configuración inicial

En la *Tabla 3-11* contiene el registro de las bibliotecas empleadas en este módulo.

**Tabla 3-11:** Librerías para nodo transmisor

Librería	Función
<b>SPI.h</b>	Permite comunicarse con dispositivos SPI, con Arduino como dispositivo controlador (Arduino, 2022).
<b>NRF24L01.h</b>	Es un transceptor para establecer una conexión y transferir datos de un dispositivo a otro a través de ondas de radio (Xukyo, 2020).
<b>RF24.h</b>	Controlador de radio, biblioteca OSI capa 2 para módulos nrf24L01(+). Biblioteca central para comunicación nRF24L01(+) (TMRh, 2023).

Fuente: Arduino, 2022; Xukyo, 2020; TMRh, 2023

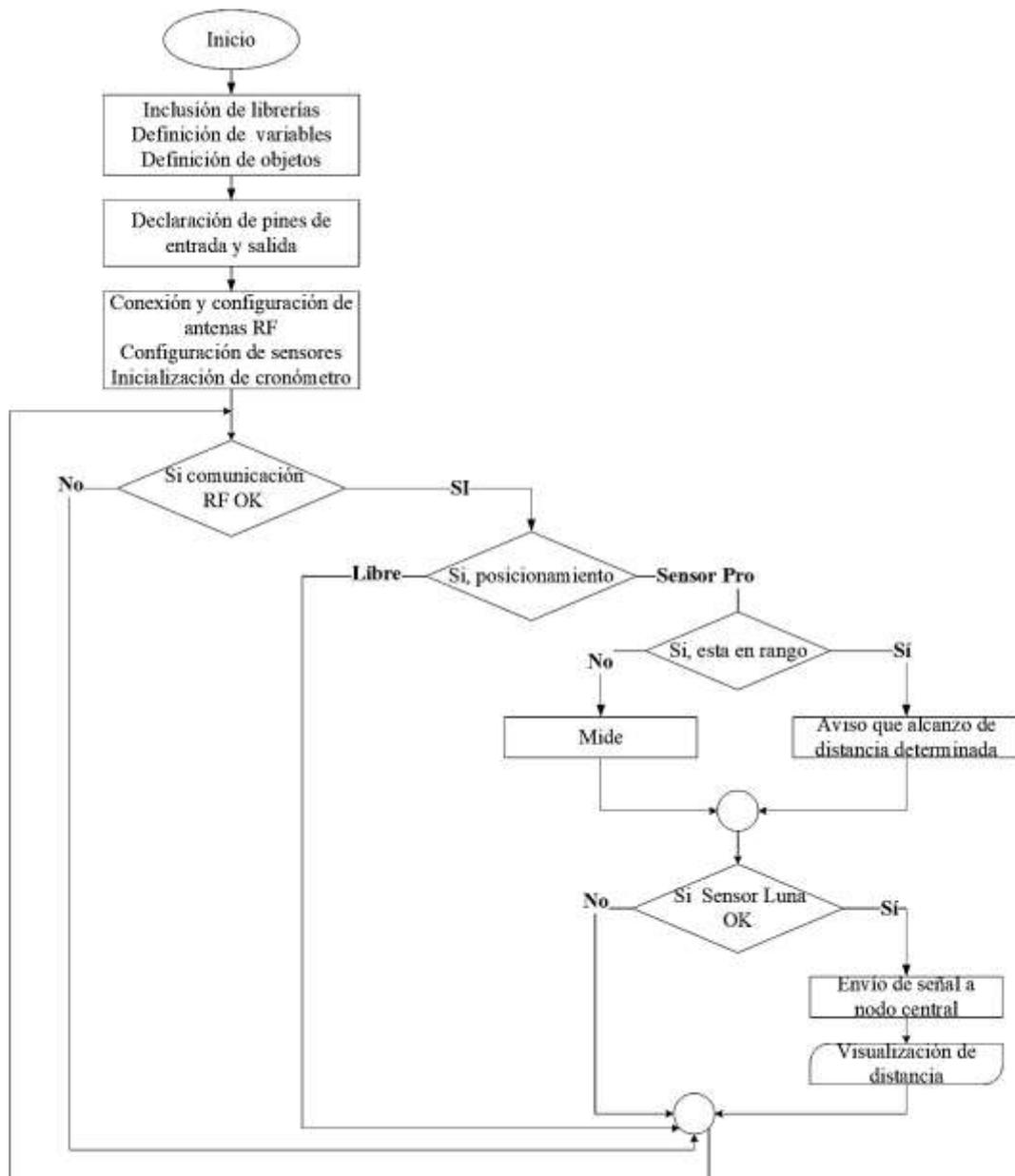
Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

Después de agregar las bibliotecas necesarias, se procede con:

- Definir variables y objetos.
- Declaración de pines de entrada y salida.
- Conexión y configuración de antenas RF
- Configuración de sensores
- Inicialización de cronometro

#### Secuencia de repetición

- Si la comunicación RF esta lista y estable, se selecciona el modo de posicionamiento de los dos elementos que confirman el nodo transmisor T1 y T2.
- Si la distancia de entrenamiento es menor o igual a 80 metros se selecciona el posicionamiento por sensor Pro, y se da comienzo a la prueba.
- Si la distancia de entrenamiento es mayor a 80 metros se selecciona posicionamiento libre. y se da comienzo a la prueba.
- Si sensor Luna 1 de T1 y censored Luna 2 de T2 detecta envío de tiempo medio y final a nodo central.



**Ilustración 3-23:** Diagrama de flujo de los módulos transmisión

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

### 3.8.3 Programa que se ejecuta en la Aplicación

Dado que la aplicación cuenta con diversas funcionalidades, como el registro de usuarios, el modo de ingreso, la configuración de los parámetros de la prueba y la generación de informes se procede a desarrollar los diagramas de flujo correspondientes a cada una de estas funciones.

#### Configuración inicial

En la *Ilustración 3-24* se muestra el diagrama de flujo de inicio de aplicación móvil.



**Ilustración 3-24:** Diagrama de flujo de inicialización App

**Realizado por:** Silva E. & Quito R., 2023

En la *Ilustración 3-25* se detallan las librerías que se emplean para todas las ventanas de la aplicación.

```

implementation 'androidx.appcompat:appcompat:1.6.1'
implementation 'com.google.android.material:material:1.9.0'
implementation 'androidx.constraintlayout:constraintlayout:2.1.4'
implementation 'com.google.firebase:firebase-database-ktx:20.2.2'
implementation 'com.google.firebase:firebase-database:20.2.2'
//Circular ImageView Library dependency
implementation 'de.hdodenhof:circleimageview:3.0.1'
implementation 'com.github.bumstech.glide:glide:4.11.0'
annotationProcessor 'com.github.bumstech.glide:compiler:4.11.0'

implementation 'com.journeyapps:zxing-android-embedded:4.1.0'

//Circular ImageView Library dependency
implementation ' '

implementation 'com.github.felHR85:UsbSerial:0.1.0'

testImplementation 'junit:junit:4.13.2'
androidTestImplementation 'androidx.test.ext:junit:1.1.5'
androidTestImplementation 'androidx.test.espresso:espresso-core:3.5.1'
  
```

**Ilustración 3-25:** Librerías de App

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

Después de agregar las bibliotecas necesarias, se procede con:

- Definición de variable generales.
- Verificación de la comunicación serial entre el teléfono móvil y módulo central.
- Se establece la comunicación con la base de datos en la nube y posteriormente con la base local.

### Registro de usuarios

En la *Ilustración 3-26* se puede observar el diagrama de flujo para esta ventana de la aplicación.



**Ilustración 3-26:** Diagrama de flujo del registro de usuario

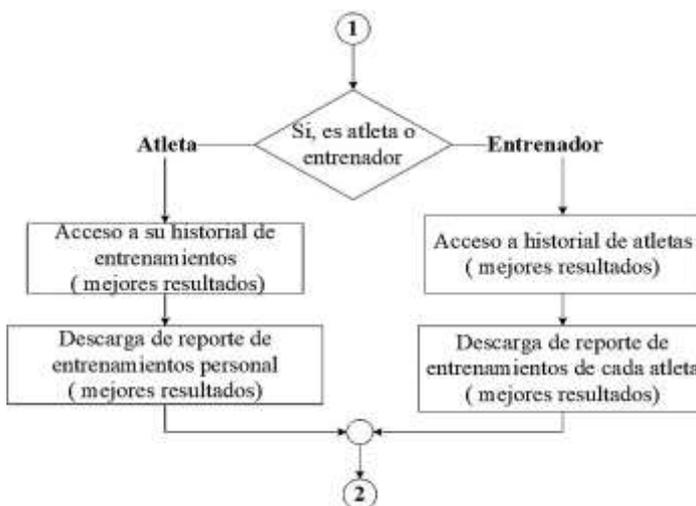
Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

Después de haber iniciado la aplicación, en la sección de registro se lleva a cabo lo siguiente:

- Se completan los datos requeridos de manera precisa y siguiendo el formato establecido.
- Si los datos proporcionados son precisos, se almacenarán en la base de datos en la nube.  
En caso contrario, se emite un aviso solicitando revisar la información ingresada.

### Modo de ingreso

La *Ilustración 3-27* exhibe el diagrama de flujo de la pantalla que permite el acceso como profesor o estudiante en la aplicación.



**Ilustración 3-27:** Diagrama de flujo de la pantalla modo de acceso

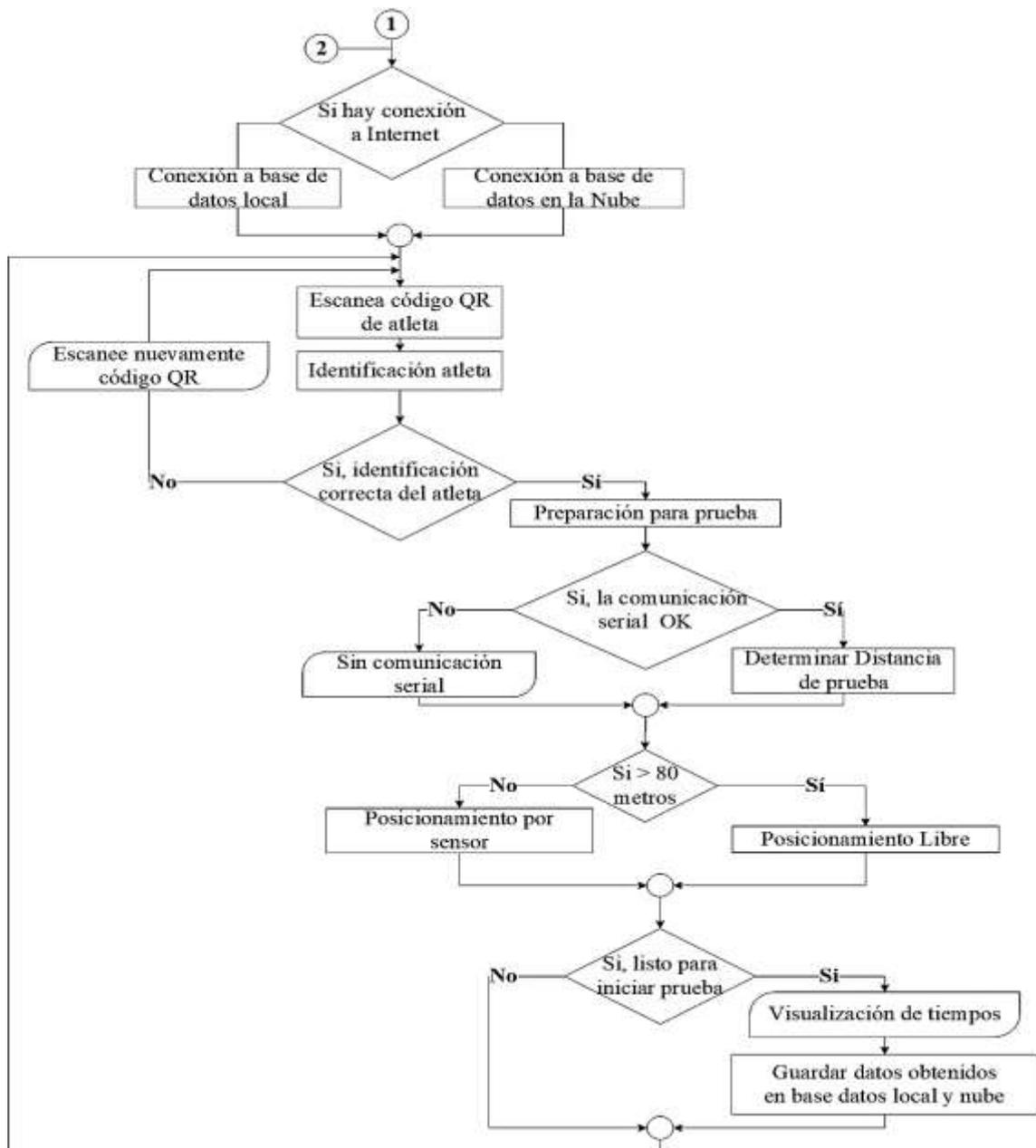
Realizado por: Silva E. & Quito R., 2023

Después de la inicialización de la aplicación, se descarga automáticamente la información de todos los usuarios que se encuentran registrados en la base de datos en la nube en un base local. Entonces cuando en la pantalla de acceso se realiza lo siguiente:

- Si el usuario se identifica como entrenador o profesor tiene acceso al historial de todos sus estudiantes y puede descargar esta información en un documento pdf.
- Si el usuario es atleta o estudiante tiene acceso a su reporte personal y puede descargar este documento en formato pdf.

### **Configuración de parámetros de entrenamiento**

En la *Ilustración 3-28* se muestra el diagrama de flujo que funciona en la pantalla donde se selecciona y configuran los diferentes parámetros de la prueba de entrenamiento a realizar. Esta elección dependerá principalmente de la distancia requerida por el profesor o estudiante para el entrenamiento.



**Ilustración 3-28:** Diagrama de flujo – pantalla de selección y configuración de parámetros de la prueba

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En esta pantalla, los parámetros de la prueba son seleccionados y configurados siguiendo el siguiente procedimiento:

- Si existe conexión a internet el sistema se comunica con la base de datos en la nube. De lo contrario, se conecta a la base de datos local, previamente descargada en un lugar con acceso a internet.

Para iniciar un entrenamiento se procede a:

### **Secuencia de repetición**

- Se escanea el código Qr del usuario para su identificación, si el sistema lo reconoce se muestra la información del estudiante en una ventana emergente. En caso de que el sistema no logre identificar al deportista, se le solicita escanear nuevamente el código.
- Al haber identificado al atleta, y si la comunicación serial entre el teléfono móvil y nodo central esta lista s inicia la preparación de la prueba.
- Si la distancia de la prueba es menor o igual a 80 metros se posicionan en Nodo central, T1 y T2 con la intervención de sensor Pro.
- Si la distancia de la prueba es mayor a 80 metros se establece la distancia en la aplicación y se posicionan los módulos manualmente.
- Si el estudiante está listo para la prueba y realiza su entrenamiento se visualiza la información de tiempos y velocidad con fecha y hora. Estos datos son guardados en la base local y la base en la nube.

### **3.9 Sistema para gestionar y mostrar información**

En el interior del prototipo electrónico se integra una app desarrollada para dispositivos móviles que utilizan el sistema operativo Android. Este desarrollo se ha llevado a cabo empleando Android Studio 11.0. La función central de esta aplicación reside en la presentación de los datos obtenidos durante las sesiones de entrenamiento. El enfoque principal radica en brindar una herramienta que permita la gestión y visualización de manera gráfica y numérica de los valores, incluyendo tiempos y velocidades con sus respectivas fechas y horas. Esto resulta fundamental para ofrecer al entrenador una manera sencilla de acceder y almacenar información relevante. La aplicación propone dos modos de entrada.

#### **Modo entrenador**

En la *Ilustración 3-29* se presentan la interfaz del entrenador. En la pantalla (a) el profesor puede escanear el código Qr del deportista para que el sistema pueda identificarlo inmediatamente, también puede registrar a nuevos estudiantes. En (b) puede ver en lista a todos sus deportistas registrados. En (c) se clasifica a los atletas de acuerdo a sus carreras universitarias.



(a)



(b)



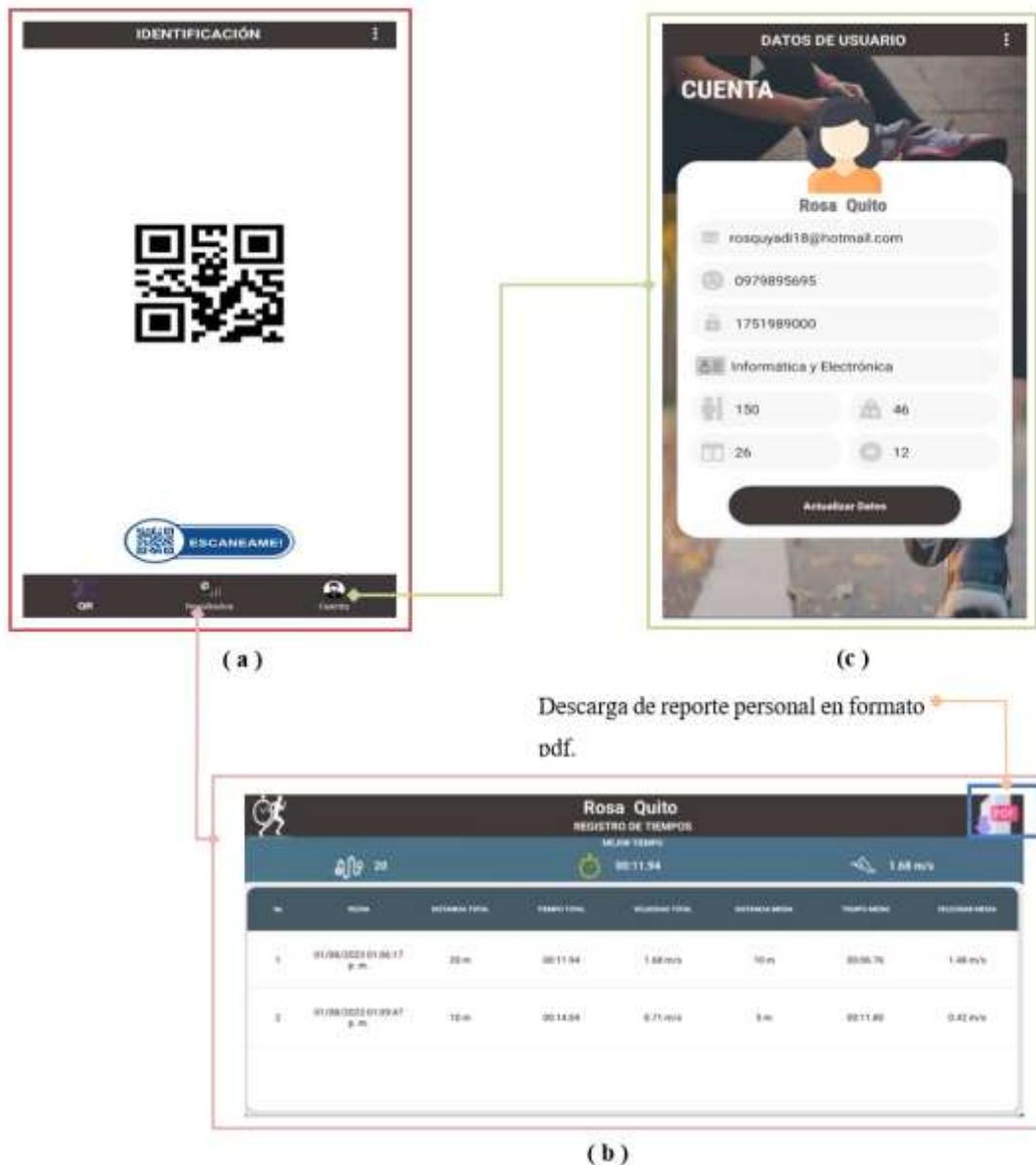
(c)

**Ilustración 3-29:** Interfaz modo entrenador. (a) Pantalla de inicio, (b) Lista de atletas, (c) lista de grupos.

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

## Modo atleta

En la *Ilustración 3-30* se presentan las ventanas habilitadas para en atleta. El (a) se proporciona el código QR del estudiante para su escaneo e identificación. En la pantalla (b) se observa el historial de pruebas que se ha realizado con fecha y hora, en la parte superior derecha de esta ventana se ha colocado un icono que al ser pulsado permite que en deportista descargue su reporte personal de entrenamientos en formato pdf. En (c) el usuario puede ver y actualizar su información.



**Ilustración 3-30:** Interfaz modo atleta. (a) Código Qr, (b) Historial de pruebas, (c) Información de atleta.

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

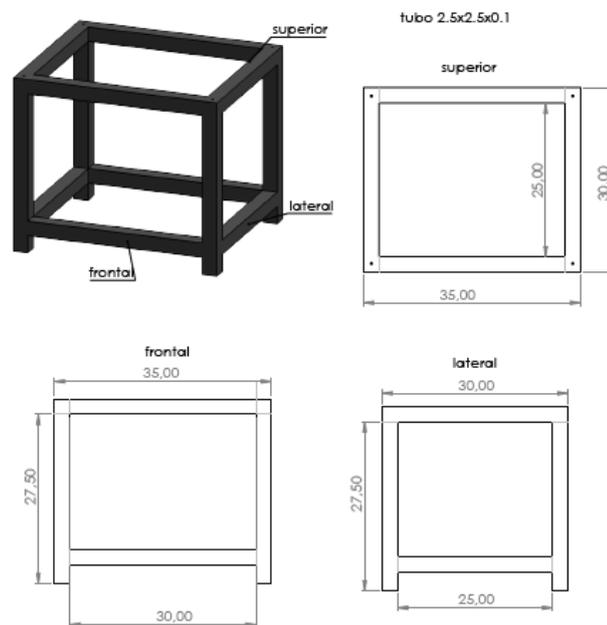
### 3.10 Diseño de las carcasas de los nodos central y de transmisión

En la *Ilustración 3-31* se observa el diseño de la estructura en 3D tanto para el nodo central y los elementos del nodo de transmisión, el cual se ha elaborado en el software de modelamiento SolidWorks 2023, aquí se ensamblarán los elementos que forman los módulos.



**Ilustración 3-31:** Diseño de la carcasa de los nodos central y de transmisión  
Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 3-32* y en la *Tabla 3-12* se evidencian las dimensiones de la estructura dichos valores están expresados en centímetros.



**Ilustración 3-32:** Dimensiones de la carcasa de los nodos central y de transmisión

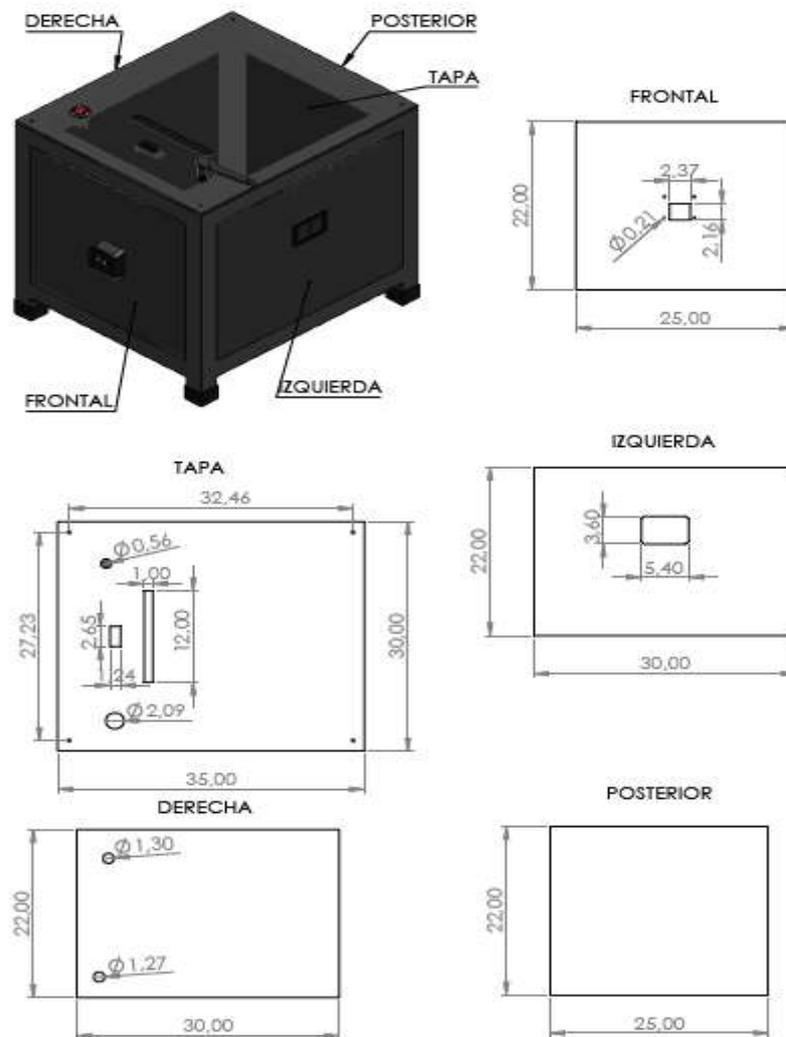
Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

**Tabla 3-12:** Medidas que constituye la carcasa de los nodos central y de transmisión

Parámetros	Superior (cm)	Lateral (cm)	Frontal (cm)
Largo	35	30	35
Ancho	25	25	30
Profundidad	30	27.5	27.5

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 3-33* y en la *Tabla 3-13* se evidencian las dimensiones de las tapas para la estructura dichos valores están expresados en centímetros.



**Ilustración 3-33:** Dimensiones de la carcasa de los nodos central y de transmisión

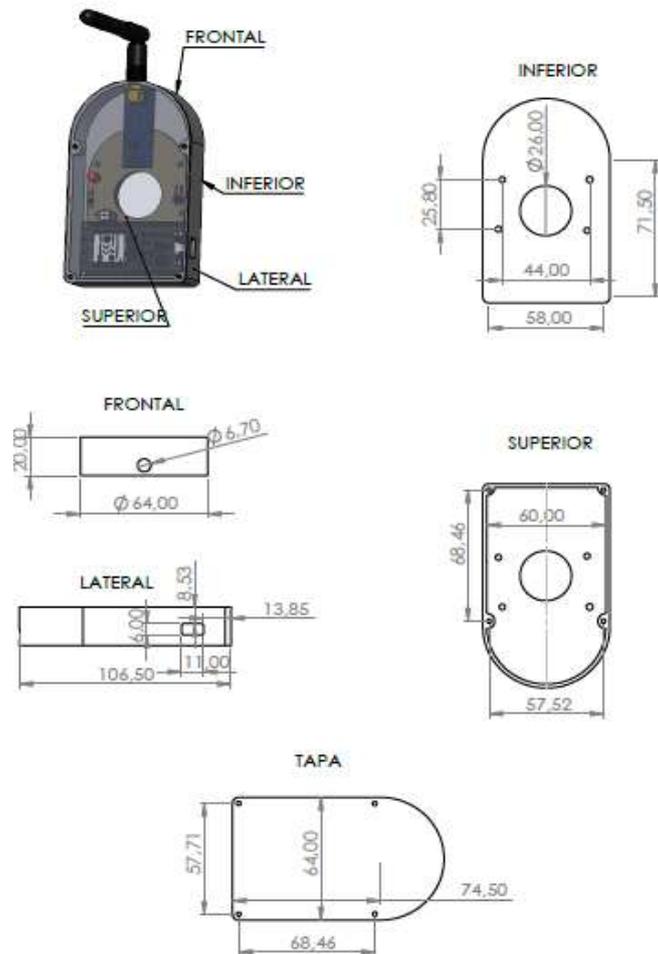
Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

**Tabla 3-13:** Medidas que constituye las tapas para la carcasa de los nodos central y de transmisión

Parámetros	Frontal (cm)	Tapa (cm)	Izquierda (cm)	Derecha (cm)	Posterior (cm)
Largo	25	35	30	30	25
Alto	22	30	22	22	22

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 3-34* y en la *Tabla 3-14* se evidencian las dimensiones de la estructura del módulo central dichos valores están expresados en centímetros.



**Ilustración 3-34:** Dimensiones de la carcasa del módulo central

Realizado por: Silva E. & Quito R., 2023

**Tabla 3-14:** Medidas que constituye la carcasa de los nodos central y de transmisión

Parámetros	Frontal (cm)	Lateral (cm)	Inferior (cm)	Superior (cm)	Tapa (cm)
Largo	64	106.5	58	57.52	57.71
Alto	20	6	71.5	68.46	68.46

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 3-35* se presenta el diseño físico de la carcasa tanto para el nodo central como para los nodos de transmisión.



**Ilustración 3-35:** Diseño físico de los nodos

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo, se realiza una evaluación del rendimiento tanto del hardware como del software del módulo electrónico. Se llevan a cabo diversas pruebas para validar los sensores, evaluar la comunicación, verificar la integridad de los datos, medir el consumo de corriente, evaluar la carga y descarga de la batería en los nodos de transmisión y central, analizar el funcionamiento general del prototipo electrónico y realizar un estudio económico detallado. Para las pruebas de funcionamiento se trabaja en el Centro de Educación Física en el área de atletismo de la ESPOCH, durante un periodo de 2 semanas. Para las pruebas de comunicación, consumo de corriente, tiempo de carga y descarga de batería se hace uso las instalaciones del laboratorio de Robótica durante un periodo de 1 semana.

La *Ilustración 4-1* exhibe el prototipo destinado a las pruebas, conformado por el nodo central, los nodos de transmisión y la aplicación móvil.



**Ilustración 4-1:** Prototipo electrónico para la medición y registro de parámetros en pruebas de velocidad

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

#### 4.1 Consideraciones generales

Se llevaron a cabo ensayos de confirmación del módulo con el propósito de establecer su nivel de precisión y exactitud. Durante este procedimiento, se utilizó la prueba estadística de la t de Student, que permite evaluar si el promedio de una muestra difiere de relevancia en relación con una media poblacional ya establecida o supuesta (Ortega, 2023).

Este tipo de análisis se utiliza en situaciones en las que se dispone de la población no sigue una forma normal (inferior a 30). La metodología se basa en el cálculo de la estadística t, que se obtiene al dividir la disparidad entre el promedio de la muestra y el promedio predefinido o asumido, por la desviación estándar de la muestra. A esta fracción se le añade la división por la raíz cuadrada del tamaño de la muestra (Ortega, 2023).

Si el valor resultante de la estadística t calculada excede el valor crítico de t, el cual se obtiene de una tabla de la distribución t de Student, utilizando un nivel de significancia particular, entonces se descarta la hipótesis nula que sostiene la igualdad de ambas medias. Por otro lado, es posible inferir que existen pruebas adecuadas para establecer que la media de la muestra exhibe una discrepancia significativa en relación con la media hipotética o previamente reconocida (Ortega, 2023).

Para realizar este análisis, se empleará la prueba t de dos muestras con varianzas equivalentes, también referida como prueba t emparejada. En esta prueba, se parte del supuesto de que las varianzas de ambas muestras son comparables, y se busca calcular un promedio ponderado de dichas varianzas de las muestras independientes (Kiernan, 2022).

El estadístico de prueba agrupado utiliza un promedio ponderado de las dos varianzas de la muestra como se muestra en la ecuación 3 (Kiernan, 2022).

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \left(\frac{n_1 - 1}{n_1 + n_2 - 2}\right)S_1^2 + \left(\frac{n_2 - 1}{n_1 + n_2 - 2}\right)S_2^2 \quad (3)$$

Donde:

Si  $n_1 = n_2$ , entonces  $S_p^2 = \left(\frac{1}{2}S_1^2 + \frac{1}{2}S_2^2\right)$ , el promedio de las dos varianzas muestrales. Pero siempre que  $n_1 \neq n_2$ , el  $s^2$  basado en el tamaño de muestra más grande recibirá más peso que el otro  $s^2$ .

La ventaja de este estadístico de prueba es que sigue exactamente la distribución t del estudiante con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (4)$$

Donde

- $\overline{X}_1, \overline{X}_2$  son las medias
- $S_p^2$  son las varianzas

Puede ser difícil verificar que dos varianzas poblacionales puedan ser iguales con base en los datos de la muestra. La prueba F se usa comúnmente para probar varianzas, pero no es robusta.

#### **4.1.1 IBM SPSS**

Este programa, que data de 1968, es una referencia mundial en el campo de las estadísticas, proviene de las siglas SPSS, que corresponden a 'Statistical Package for the Social Sciences'. SPSS es un conjunto de herramientas estadísticas que incluye diversos programas y subprogramas que están cuidadosamente organizados, permitiendo que cada uno de ellos se enlace con los demás. Con el paso del tiempo, varias de las características del SPSS han permanecido invariables. La mayoría de los procedimientos llevados a cabo hace dos o tres décadas aún se encuentran funcionales, habiendo sido mejorados en diversos aspectos (Lopez et al., 2015, pp 7-8).

Se empleó la versión 21 de SPSS para llevar a cabo el análisis de datos utilizando una técnica inferencial que se fundamenta en el estudio de probabilidades. Su finalidad radica en realizar extrapolaciones sobre las características de la población, teniendo en cuenta la muestra que se escogió. Se trabaja con el método de prueba estadística t de Student (Rivadeneira et al., 2020, pp 18-23).

## **4.2 Pruebas de funcionamiento**

Estas pruebas se llevan a cabo en un entorno real o natural con el propósito de recolectar información y obtener conocimiento sobre cómo nuestro prototipo se comporta en situaciones reales y cómo interactúa con su entorno.

### **4.2.1 Validación de sensores**

En esta sección se lleva a cabo pruebas enfocadas a los elementos de detección, con el objetivo de evaluar el alcance y precisión de los sensores utilizados en el prototipo electrónico. Se utiliza una cinta métrica como equipo patrón (Anexo L) y el software IBM SPSS como herramienta de análisis.

Los sensores a ser evaluados son los LiDAR TF – Luna y TF02-Pro. A continuación, se describen los experimentos llevados a cabo para confirmar la funcionalidad de los elementos de detección.

#### 4.2.1.1 Validación del Microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)

De acuerdo a la información del datasheet (ver Anexo D), este sensor tiene un alcance de detección hasta de 8 metros en línea recta, Para llevar a cabo la prueba, se marca una distancia total de 9 metros utilizando la cinta métrica, con incrementos de 1 metro entre las marcas, obteniendo 9 mediciones (ver Anexo M). El propósito de esta prueba es determinar la distancia máxima que el sensor detecta de manera efectiva.

En la *Tabla 4-1* que muestra las mediciones obtenidas del sensor y equipo patrón.

**Tabla 4-1:** Medidas tomadas con el sensor LiDAR TF-Luna y el equipo patrón

Número de Muestras	Medición con equipo patrón (m)	Medición con el sensor (m)
1	1	1
2	2	2.01
3	3	3.01
4	4	4.03
5	5	5.02
6	6	6.18
7	7	7.24
8	8	8.31
9	9	9

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

De la *Tabla 4-1* mediante la observación se puede deducir que el sensor a partir de los 6 metros presenta mayor imprecisión en su lectura.

A pesar de la deducción, se procede a realizar un análisis t de Student teniendo en cuenta que las dos muestras son independientes y suponiendo que las varianzas son iguales, cabe destacar que esta metodología estadística fue recomendada por el doctor Toapanta, quien ejerce la docencia en la Facultad de Informática y Electrónica. La prueba t Student de muestras independientes es una prueba de hipótesis donde establecemos que:

$$H_0: \mu_1 = \mu_1$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_1$$

Donde  $H_0$  es la hipótesis nula,  $H_1$  es la hipótesis alternativa,  $\mu_1$  promedio de la muestra 1 y  $\mu_2$  promedio de la muestra 2. Para este análisis se utiliza la prueba de hipótesis bilateral o de dos colas. Se rechaza la hipótesis nula si:

$$H_0 \text{ si estadístico } t > \text{valor crítico de } t$$

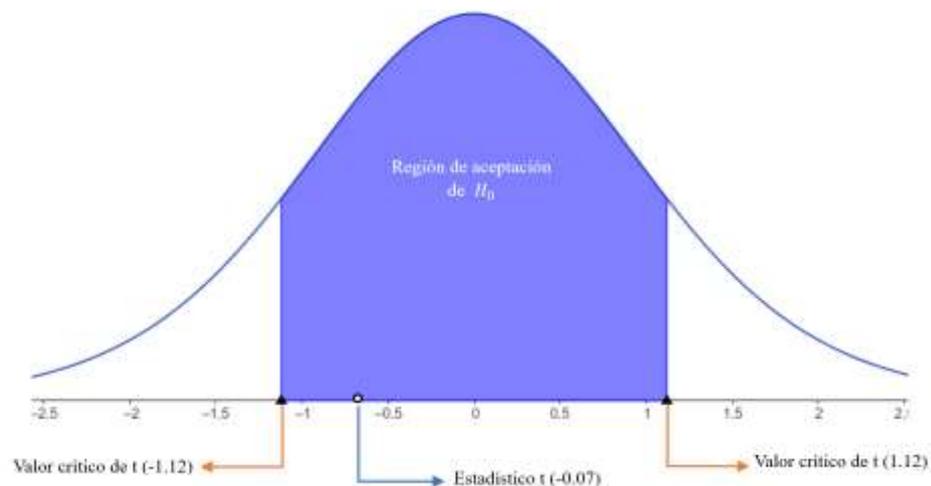
En la *Tabla 4-2* se observa todos los resultados obtenidos al realizar la prueba t student, para esto se ha trabajado con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , este valor determinara si se rechaza o no la hipótesis nula en el análisis estadístico.

**Tabla 4-2:** Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de sensor Luna

Valores	Equipo patrón	Sensor
Media	5	5.09
Varianza	7.5	7.89
Observaciones	9	9
Varianza agrupada	7.70	
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	16.00	
Estadístico t	-0.07	
P(T<=t) una cola	0.47	
Valor crítico de t (una cola)	1.75	
P(T<=t) dos colas (sig)	0.95	
Valor crítico de t (dos colas)	2.12	

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 4-2*  $P(\text{probabilidad asignada a estadístico } t) > \alpha$ , por lo que se acepta la hipótesis nula. En la *Ilustración 4-2* se ha representado gráficamente esta interpretación con los valores de t estadístico y valor crítico de t.



**Ilustración 4-2:** Curva de distribución t sensor Luna

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 4-2* se observa que en la curva de distribución t se observa que el valor crítico es 1.12 a la derecha y a la izquierda, el estadístico t es igual a -0.07 que se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis nula. Entonces se concluye que las medidas del equipo patrón y sensor Luna son iguales sin importar el número de muestras.

#### 4.2.1.2 Validación del sensor TF02-Pro Lidar 131.2 ft

De acuerdo a la información proporcionada en el Anexo A este sensor tiene un alcance de 40 metros en línea recta y sin obstáculos. Para llevar a cabo la prueba, se marca una distancia total de 40 metros utilizando la cinta métrica, con incrementos de 5 metros entre las marcas, obteniendo 9 mediciones (ver Anexo N). El propósito de esta prueba es determinar la distancia máxima que el sensor detecta de manera efectiva.

En la *Tabla 4-3* se muestran las mediciones obtenidas.

**Tabla 4-3:** Medidas de las muestras tomadas con el sensor TF02-Pro Lidar y el equipo patrón

Número de Muestras	Medición con equipo patrón (m)	Medición con el sensor (m)
1	5	5.03
2	10	10.01
3	15	15.40
4	20	19.98
5	25	25.07

6	30	30.02
7	35	35.03
8	40	39.98
9	45	45

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

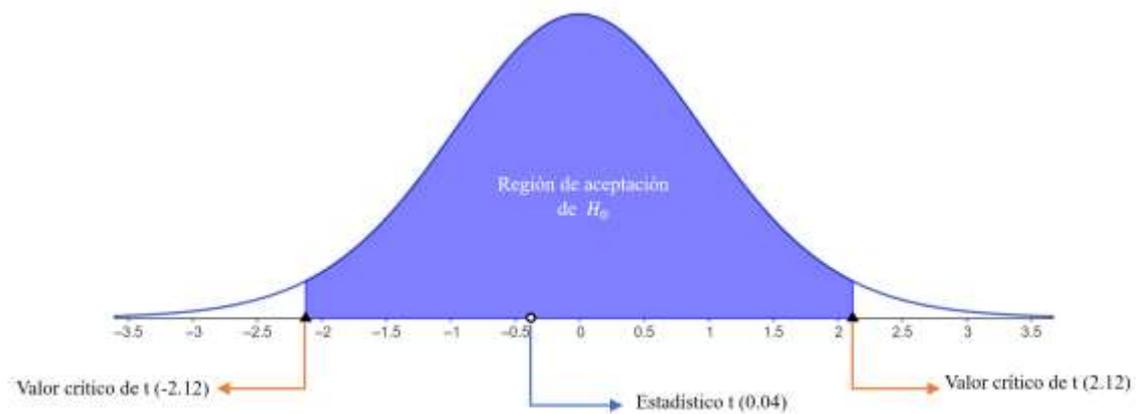
En la *Tabla 4-3* se observa todos los resultados obtenidos al realizar la prueba t student, para esto se ha trabajado con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , este valor determinara si se rechaza o no la hipótesis nula en el análisis estadístico.

**Tabla 4-4:** Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de sensor Pro

Valores	Equipo patrón	Sensor
Media	25.00	24.76
Varianza	187.50	172.20
Observaciones	9.00	9.00
Varianza agrupada	179.85	
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	16.00	
Estadístico t	0.04	
P(T<=t) una cola	0.49	
Valor crítico de t (una cola)	1.75	
P(T<=t) dos colas	0.97	
Valor crítico de t (dos colas)	2.12	

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 4-4*  $P(\text{probabilidad asignada a estadístico } t) > \alpha$ , por lo que se acepta la hipótesis nula. En la *Ilustración 4-3* se ha representado gráficamente esta interpretación con los valores de t estadístico y valor crítico de t.



**Ilustración 4-3:** Curva de distribución t sensor Pro

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 4-3* se observa que en la curva de distribución t se observa que el valor crítico es 2.12 a la derecha y a la izquierda, el estadístico t es igual a 0.04 que se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis nula. Entonces se concluye que las medidas del equipo patrón y sensor Pro son iguales sin importar el número de muestras.

#### 4.2.2 Validación del prototipo

El objetivo es validar la precisión del prototipo empleando un cronómetro manual en combinación con un teléfono celular de la marca Redmi 11 los detalles pueden ser consultados en el Anexo K. Se llevaron a cabo 30 conjuntos de muestras, cada uno con 5 tomas de muestras, abarcando distancias de 10 metros en incrementos, para lograr una distancia total de 60 metros. En la *Tabla 4-5* se reflejan los resultados obtenidos.

**Tabla 4-5:** Medidas de equipo patrón y el prototipo electrónico

Distancia	Numero de muestras	Medición con equipo patrón (s)	Medición del prototipo (s)
10 metros	1	3.07	3.51
	2	2.9	3.11
	3	2.99	3.11
	4	2.65	2.64
	5	2.65	2.8
20 metros	1	4.35	4.81
	2	4.54	4.71
	3	4.55	4.53
	4	4.42	4.82
	5	4.54	4.52
30 metros	1	6.27	6.31
	2	6.6	6.87

	3	6.57	6.93
	4	6.66	6.67
	5	6.16	6.59
<b>40 metros</b>	1	8.36	8.47
	2	8.9	8.99
	3	8.7	8.66
	4	9.51	9.64
	5	10.21	10.54
<b>50 metros</b>	1	14	14.18
	2	12.75	12.72
	3	11.61	11.78
	4	11.94	12.02
	5	12.5	12.62
<b>60 metros</b>	1	14.4	14.63
	2	14.17	14.25
	3	15.4	15.75
	4	21.56	21.78
	5	13.98	14.03

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 4-6* se observa todos los resultados obtenidos al realizar la prueba t student al procesar los datos de la *Tabla 4-5*, para esto se ha trabajado con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , este valor determinara si se rechaza o no la hipótesis nula en el análisis estadístico

**Tabla 4-6:** Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales de equipo patrón y prototipo electrónico

Valores	Equipo patrón	Prototipo electrónico
Media	8.56	8.73
Varianza	22.99	22.91
Observaciones	30.00	30.00
Varianza agrupada	22.95	
Diferencia hipotética de las medias	0.00	
Grados de libertad	58.00	
Estadístico t	-0.14	
P(T<=t) una cola	0.45	
Valor crítico de t (una cola)	1.67	
P(T<=t) dos colas	0.89	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00	

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 4-6*  $P(\text{probabilidad asignada a estadístico } t) > \alpha$  como se indica en el Anexo S, por lo que se acepta la hipótesis nula. Mediante el análisis t de Student se determina que el error típico de la media de las medidas manuales es de 0.875 y la del prototipo de 0.873, que son mayores a nivel de significancia establecido  $\alpha = 0.05$ , con este resultado se acepta la

hipótesis nula. De la misma el valor crítico es 2.00 a la derecha y a la izquierda, el estadístico t es igual a -0.14 cantidad que se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis nula. Entonces se concluye que el prototipo electrónico una notable similitud con un cronómetro manual y que su grado de precisión es bastante satisfactorio.

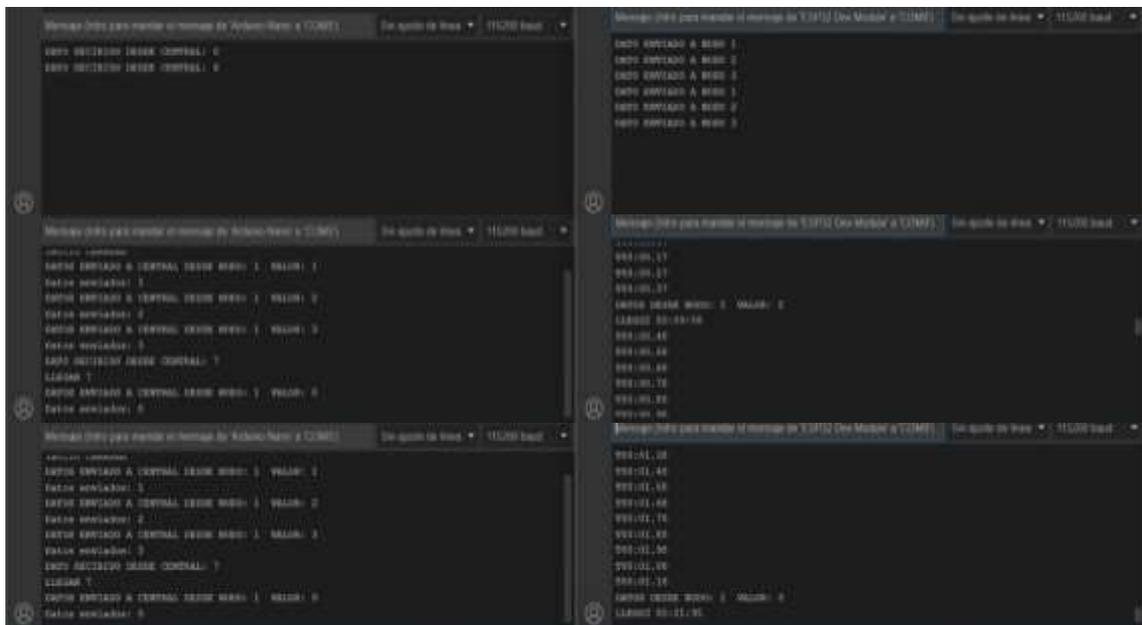
### 4.3 Pruebas de laboratorio

Estas pruebas se realizan en un entorno controlado de laboratorio para estudiar, medir y comprender diferentes aspectos de nuestro prototipo para obtener datos más confiables.

#### 4.3.1 Prueba de comunicación

El propósito de esta prueba radica en confirmar la presencia de una comunicación exitosa entre el nodo central y los nodos de transmisión. Luego de este paso, la información obtenida se dirige hacia la base de datos y se exhibe en la aplicación móvil, tal y como se detalla en el Anexo O.

El procedimiento por llevar a cabo consiste en supervisar los datos generados y enviados por los nodos de transmisión utilizando el monitor serial del entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino 1.8.19, tal como se ilustra en la *Ilustración 4-4*.



**Ilustración 4-4:** Vigilancia de los datos transmitidos por los nodos de transmisión a través del monitor en serie para la evaluación de la comunicación.

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

Posteriormente, se contrastan estos datos con la información mostrada en la aplicación móvil, como se evidencia en la *Ilustración 4-5*, con el propósito de garantizar su integridad y exactitud.

No.	FECHA	DISTANCIA TOTAL	TIEMPO TOTAL	VELOCIDAD TOTAL	DISTANCIA MEDIA	TIEMPO MEDIO	VELOCIDAD MEDIA
1	06/08/2023 11:18:53 a. m.	10m	00:03:51	2.85 m/s	5m	00:01:55	2.56 m/s
2	06/08/2023 11:21:39 a. m.	10m	00:03:11	3.22 m/s	5m	00:01:55	2.56 m/s
3	06/08/2023 11:23:38 a. m.	10m	00:03:11	m/s	5m	00:01:29	3.88 m/s

**Ilustración 4-5:** Visualización de datos desde la aplicación móvil

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

Se llevó a cabo una comparación de esta información con los registros históricos y con el reporte en formato PDF suministrado por la aplicación móvil. Este reporte detalla los datos obtenidos desde los nodos de transmisión, como se muestra en la *Ilustración 4-6*.



## HISTORIAL DE PRUEBAS DE VELOCIDAD

Nombre: Alex  
 Apellido: Reyes  
 Correo Electrónico: alexreyes4397@gmail.com  
 Teléfono: 0979094209  
 Cédula: 0605674209  
 Facultad: Mecánica  
 Estatura: 1.60 m  
 Peso: 60 Kg  
 Edad: 26 años  
 IMC: 23.44

**Fecha de Reporte: 08/08/2023 10:49:07 p. m.**

No	FECHA PRUEBA	DISTANCIA TOTAL	TIEMPO TOTAL	VELOCIDAD TOTAL	DISTANCIA MEDIA	TIEMPO MEDIO	VELOCIDAD MEDIA
1	08/08/2023 11:18:53 a. m.	10 m	00:03.51	2.85 m/s m/s	5 m	00:01.95	2.56 m/s m/s
2	08/08/2023 11:21:39 a. m.	10 m	00:03.11	3.22 m/s m/s	5 m	00:01.95	2.56 m/s m/s
3	08/08/2023 11:23:38 a. m.	10 m	00:03.11	3.22 m/s m/s	5 m	00:01.29	3.88 m/s m/s
4	08/08/2023 11:29:45 a. m.	10 m	00:02.64	3.79 m/s m/s	5 m	00:01.86	2.69 m/s m/s
5	08/08/2023 11:39:53 a. m.	10 m	00:02.80	3.57 m/s m/s	5 m	00:01.65	3.03 m/s m/s
6	08/08/2023 11:50:59 a. m.	20 m	00:04.81	4.16 m/s m/s	10 m	00:02.55	3.92 m/s m/s
7	08/08/2023 11:55:20 a. m.	20 m	00:04.71	4.25 m/s m/s	10 m	00:02.28	4.39 m/s m/s

**Ilustración 4-6:** Información previa registrada en el informe en formato PDF generado a partir de la aplicación móvil.

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la Tabla 4-7 se visualizan los datos transmitidos por el nodo de transmisión y el nodo central, así como los datos recibidos por el módulo central.

**Tabla 4-7:** Comparación entre la información transmitida desde los nodos de transmisión y la aplicación móvil.

Fecha		Trama enviada						Trama recibida					
		D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]
1	08/08/2023/ 11:18:53 a.m.	10	3.51	2.85	5	1.95	2.56	10	3.51	2.85	5	1.95	2.56

2	08/08/2023/ 11:21:29 a.m.	10	3.11	3.22	5	1.95	2.56	10	3.11	3.22	5	1.95	2.56
3	08/08/2023/ 11:23:38 a.m.	10	3.11	3.22	5	1.29	3.88	10	3.11	3.22	5	1.29	3.88
4	08/08/2023/ 11:29:45 a.m.	10	2.64	3.79	5	1.86	2.69	10	2.64	3.79	5	1.86	2.69
5	08/08/2023/ 11:39:53 a.m.	10	2.80	3.57	5	1.65	3.03	10	2.80	3.57	5	1.65	3.03

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 4-7* se puede apreciar la existencia de una conexión operativa entre los nodos de transmisión, que engloban a los sensores, y la aplicación móvil. Es esencial resaltar que para que los datos sean dirigidos hacia la aplicación móvil, primeramente, han de pasar por el nodo central. Este nodo central está compuesto por un bloque de procesamiento, que incorpora un Arduino Nano, y un bloque de transmisión conformado por el Esp8266. Finalmente se puede inferir que la comunicación se desenvuelve sin ningún inconveniente.

#### 4.3.2 *Integridad de la información*

Su objetivo consiste en corroborar que los datos transmitidos desde el conjunto de sensores sean idénticos a los que llegan al módulo central y, después, se exhiben en la aplicación móvil. Los resultados y los aspectos específicos de las pruebas efectuadas han sido registrados en el Anexo P.

En la *Tabla 4-8*, se puede visualizar la explicación de los datos transmitidos.

**Tabla 4-8:** Descripción de datos enviados

Dato	Descripción
D [0]	Distancia Total
D [1]	Tiempo Total
D [2]	Velocidad Total
D [3]	Distancia Media
D [4]	Tiempo Medio
D [5]	Velocidad Medio

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

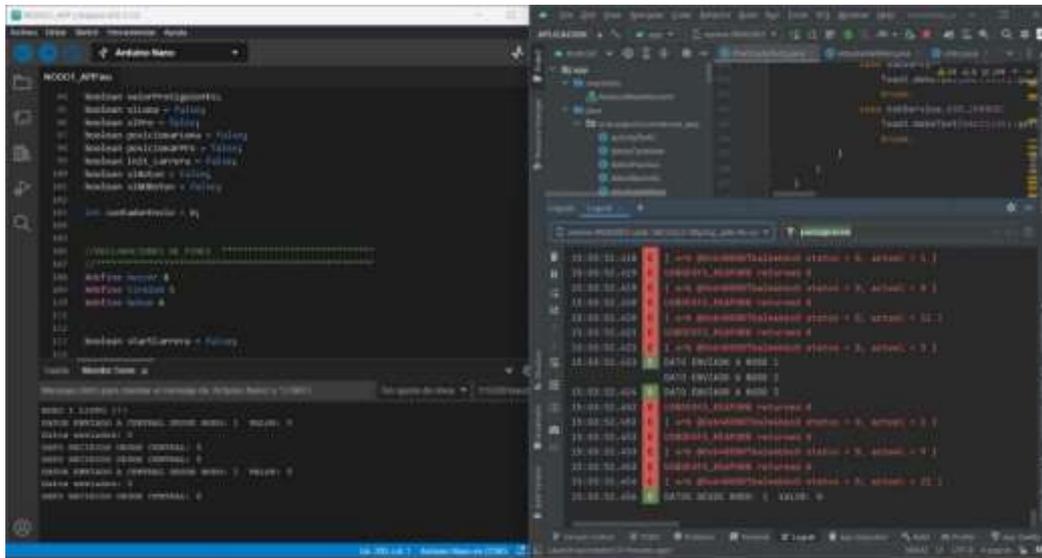
En la *Tabla 4-9* se exhiben los datos que son enviados desde el módulo central y los datos que son recibidos por dicho módulo, y posteriormente se presentan en la aplicación móvil.

**Tabla 4-9:** Consistencia de información entre los datos transmitidos y los datos obtenidos.

	Fecha	Trama enviada						Trama recibida					
		D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]
1	08/08/2023/ 11:18:53 a.m.	10	3.51	2.85	5	1.95	2.56	10	3.51	2.85	5	1.95	2.56
2	08/08/2023/ 11:21:29 a.m.	10	3.11	3.22	5	1.95	2.56	10	3.11	3.22	5	1.95	2.56
3	08/08/2023/ 11:23:38 a.m.	10	3.11	3.22	5	1.29	3.88	10	3.11	3.22	5	1.29	3.88
4	08/08/2023/ 11:29:45 a.m.	10	2.64	3.79	5	1.86	2.69	10	2.64	3.79	5	1.86	2.69
5	08/08/2023/ 11:39:53 a.m.	10	2.80	3.57	5	1.65	3.03	10	2.80	3.57	5	1.65	3.03

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 4-7*, es posible verificar que los datos presentados tanto en la aplicación móvil como en la base de datos concuerdan de manera exacta.





**Ilustración 4-7:** Credibilidad de los datos

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

El procedimiento a realizar es una prueba t student al procesar los datos de la *Tabla 4-9*, para esto se ha trabajado con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.01$ . Se determina que el error típico de la media de los datos de las tramas no existe una variación significativa entre ellas. De la misma el valor crítico es 1.00. Por lo tanto, se puede deducir que las tramas transmitidas y recibidas son idénticas, demostrando la integridad en la transferencia de información y señalando una comunicación sumamente precisa. Esto sugiere que el resultado es bueno.

#### **4.3.3 Prueba de la función de inscripción de usuarios**

El objetivo de esta prueba es confirmar la consistencia de la información entre la app móvil y la base de datos. Esto implica garantizar que los detalles introducidos por el entrenador en distintos campos durante el proceso de inscripción se correspondan con los datos almacenados en Firebase.

El procedimiento a emplear implica lo siguiente: En un primer momento, se debe optar por la alternativa "Regístrese" dentro de la aplicación. Posteriormente, el entrenador tendrá que completar los campos necesarios en la pantalla de la app con los datos del recién llegado. Siguiendo la representación presentada en la *Ilustración 4-8 (a)*, se representa el proceso de inscripción en la app móvil con los datos introducidos. Al mismo tiempo, en la *Ilustración 4-8 (b)*, es posible observar la base de datos que almacena la información suministrada a través de la aplicación móvil.



(a)



(b)

**Ilustración 4-8:** Comparación de Información. a) Aplicación móvil, b) Base de datos

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

#### 4.3.4 Prueba de la corriente consumida

El objetivo consiste en establecer el consumo de corriente durante la operación tanto del módulo central como de los nodos de transmisión y central, y posteriormente contrastar estos resultados con los valores teóricos. Mediante la utilización del multímetro digital Fluke 115 (ver detalles en el Anexo Q), se ha recopilado un total de diez muestras para cada nodo. Esta metodología permite determinar el consumo de corriente real de cada componente.

##### 4.3.4.1 Demanda de corriente eléctrica del nodo central y de transmisión

En la *Tabla 4-10* se encuentran desglosados los datos de consumo eléctrico adquiridos en cada ocasión, posibilitando el cálculo de una media de consumo tanto para los nodos de transmisión como para el central.

**Tabla 4-10:** Demanda efectiva de corriente en los nodos de transmisión y el central

Número de Muestras	Consumo de corriente
1	114.8 mA
2	113.3 mA
3	110.2 mA
4	103.7 mA
5	107.5 mA
6	130.6 mA
7	120.7 mA
8	118.9 mA
9	135.2 mA
10	104.3 mA
<b>Promedio de consumo</b>	115.92 mA

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

Tomando en consideración la información proporcionada en la *Tabla 4-10*, se puede deducir que la demanda real de corriente en los nodos de transmisión y el nodo central durante su funcionamiento asciende de 115.92 mA. Este número equivale al 45.01% de la estimación teórica de consumo eléctrico registrada en la *Tabla 3-7*.

#### 4.3.4.2 Demanda de corriente eléctrica del módulo central

En la *Tabla 4-11* incluye los datos específicos de consumo de corriente adquiridos en cada caso, posibilitando así el cálculo de una media de demanda eléctrica para el componente central.

**Tabla 4-11:** Consumo real de corriente en el módulo central.

Número de Muestras	Consumo de corriente
1	55.3 mA
2	60.9 mA
3	68.2 mA
4	67.1 mA
5	70,8 mA
6	60.6 mA
7	73.2 mA
8	69.5 mA
9	66.2 mA
10	65.5 mA
<b>Promedio de consumo</b>	65.73 mA

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

De la *Tabla 4-11*, se puede inferir que la demanda efectiva de corriente del módulo central durante su funcionamiento asciende a 65.73 mA. Dicho número equivale al 70.29% del consumo teórico de corriente indicado en la *Tabla 3-8*.

#### **4.3.5 Duración de la recarga y descarga de la batería**

El objetivo es analizar los lapsos temporales requeridos para una carga completa y el período de operación de la batería mientras el prototipo electrónico está activo.

Para estimar la duración precisa de una carga completa, es esencial que la batería esté totalmente agotada. La batería dispone de un nivel de descarga mínimo de 2.50 V y un voltaje de carga máximo de 5.1 V, respaldado por una capacidad máxima de corriente de 5000mAh. Todos estos valores están detallados en su hoja técnica adjunta, visible en el Anexo G.

Se registra el tiempo requerido para que la batería alcance su nivel óptimo de carga, dando como resultado de 3.30 horas. Utilizando esta información y aplicando la *Ecuación 2*, procedemos a calcular la corriente proporcionada a la batería por los nodos de transmisión y el nodo central durante su carga. Se llega a un valor medio de 65.3 mAh, lo que corresponde al 18.92% de la capacidad máxima de corriente de la batería. Esta cifra se encuentra en un rango seguro para la corriente de carga de la batería.

El registro preciso del consumo de corriente de los nodos de transmisión y central asciende a 115.92 mA, como se documenta en la *Tabla 4-10*. Esta cifra resulta esencial para estimar con precisión la duración efectiva de la batería durante el período de operación del módulo electrónico. Para realizar este cálculo, se aplica la *Ecuación 2*, lo que arroja un valor de 7.10 horas.

Para la evaluación de descarga de la batería, el módulo estuvo activo durante aproximadamente 1.45 horas en cada sesión de entrenamiento. Este procedimiento se repitió de manera recurrente hasta agotar por completo la carga de la batería. Los registros indican que, durante el transcurso de 20 sesiones de entrenamiento, la batería proveyó energía ininterrumpida al módulo electrónico.

#### 4.4 Funcionamiento general del módulo electrónico

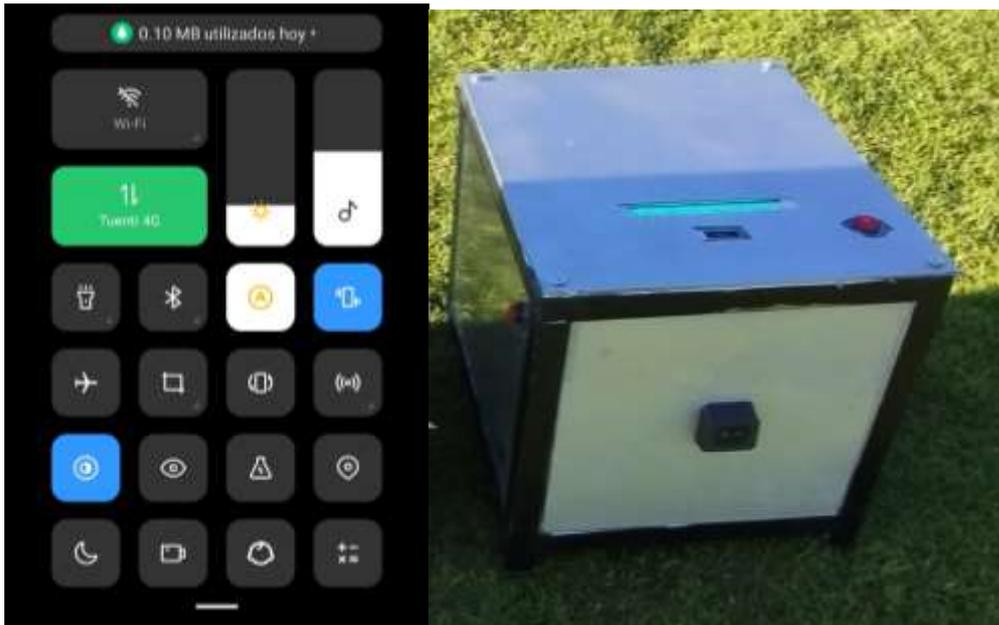
Tras completar las pruebas de validación de sensores, del prototipo, comunicación y otros elementos, se avanzó hacia la ejecución de pruebas integrales de desempeño del módulo electrónico en el transcurso de las sesiones de entrenamiento en el Centro de Educación Física de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Esto queda reflejado en la *Ilustración 4-9*.



**Ilustración 4-9:** Aplicación práctica del prototipo electrónico en sesiones de entrenamiento.

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

Previo al inicio de las pruebas de operatividad, es fundamental establecer una conexión del dispositivo con una red WiFi. El nodo central se vinculará con dicha red, posibilitando el acceso a internet, tal como se ilustra en la *Ilustración 4-10*. Una vez que se establezca la conexión, se activan tanto los nodos de transmisión como el nodo central, y se verifica la existencia de una comunicación entre ellos. En este momento, los datos deben poder visualizarse en la aplicación móvil.



**Ilustración 4-10:** Conexión a la red WiFi, instalación y encendido del prototipo electrónico

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

Posteriormente, se realizaron pruebas de velocidad que incluyeron la captura de mediciones para distancias de 30 y 50 metros en los atletas (*Ilustración 4-11*), garantizando la correcta transferencia de los datos hacia la aplicación móvil.



**Ilustración 4-11:** Pruebas de medición de tiempo en el Centro de Educación Física de la ESPOCH.

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Ilustración 4-12* muestra la exacta transferencia de los datos recopilados hacia la aplicación móvil de manera evidente.



**Ilustración 4-12:** Almacenamiento de información de los deportistas en la aplicación móvil en el Centro de Educación Física de la ESPOCH

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

Según los resultados de las pruebas realizadas, es claro que el prototipo electrónico funciona de manera apropiada. Para respaldar esta conclusión, se adjunta en el Anexo R el certificado de aceptación y constancia, emitido por el Centro de Educación Física de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que valida su rendimiento excepcional.

#### 4.5 Análisis económico

En la *Tabla 16-4* se encuentran especificados los montos completos necesarios para la construcción y puesta en marcha del prototipo electrónico, los cuales se han separado en categorías para el nodo central y el nodo de transmisión.

**Tabla 4-12:** Análisis económico del prototipo electrónico

Nodo	Dispositivo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Central	TF02 - PRO Lidar sensor 131.2 ft	1	U	\$ 90.00	\$ 90.00
	Microsensor de rango Lidar TF - Luna (ToF)	1	U	\$ 24.00	\$ 24.00
	Módulo RF 2.4 GHz - NRF24L01 + PA + LNA con antena	1	U	\$ 34.00	\$ 34.00
	Display OLED 0.91" I2C 128*32 SSD1306	1	U	\$ 7.00	\$ 7.00
	Arduino nano	1	U	\$ 21.00	\$ 21.00
	Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI	1	U	\$ 25.00	\$ 25.00
	Batería	1	U	\$ 20.00	\$ 20.00
	Material eléctrico	1	U	\$ 30.00	\$ 30.00
	Estructura metálica	1	mtrs	\$ 5.20	\$ 5.20
	Acrílico de 3L transparente	3	mtrs	\$ 12.78	\$ 38.34
	Elementos varios	1	U	\$ 57.40	\$ 57.40
<b>Costo nodo central</b>					<b>\$ 351.94</b>
Trasmisor	TF02 - PRO Lidar sensor 131.2 ft	1	U	\$ 90.00	\$ 90.00
	Microsensor de rango Lidar TF - Luna (ToF)	2	U	\$ 24.00	\$ 48.00
	Módulo RF 2.4 GHz - NRF24L01 + PA + LNA con antena	2	U	\$ 34.00	\$ 68.00
	Display OLED 0.91" I2C 128*32 SSD1306	2	U	\$ 7.00	\$ 14.00
	Arduino nano	2	U	\$ 21.00	\$ 42.00
	Batería	2	U	\$ 20.00	\$ 40.00
	Material eléctrico	2	U	\$ 15.00	\$ 30.00
	Estructura metálica	2	mtrs	\$ 5.20	\$ 10.40
	Acrílico de 3L transparente	6	mtrs	\$ 12.78	\$ 76.68
	Elementos varios	1	U	\$ 107.40	\$ 107.40
<b>Costo nodo trasmisor</b>					<b>\$ 526.48</b>

Costo nodo central	\$ 351.94
Costo nodo trasmisor	\$ 526.48
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 878.42</b>

**Realizado por:** Silva E.; & Quito R., 2023

En la *Tabla 4-12*, se presenta que el costo del prototipo electrónico alcanza los 878.42 dólares, sin considerar las horas de ingeniería involucradas. Empleando la cifra indicada en la *Tabla 4.13*, e realiza una evaluación de la relación costo-beneficio en contraste con el sistema de cronometraje Race Link Racing System, comercializado por la empresa estadounidense Power Systems. Se toma en cuenta este sistema comercial debido a la ausencia, en Ecuador, de un dispositivo con características semejantes al prototipo desarrollado.

En la Ilustración 4-3, se indica el sistema de cronometraje con el que se comprará el prototipo electrónico.



**Ilustración 4-13:** Sistema de cronometraje Race Link Racing System

**Tabla 4-13:** Comparativa de sistema de cronometraje Race Link Racing System y prototipo electrónico

Características	Race Link Racing System	Prototipo electrónico
Parámetros monitoreados	Velocidad	Velocidad
Tecnología utilizada	RFDI	WiFi
Nodos de adquisición de datos	2	3
Nodos centrales	1	1
Aplicación	Si	Si
Registro de usuarios	Si	Si
Registro de datos históricos	No	si
Descarga de datos históricos en archivo texto	No	Si
Base de datos local	Si	Si
Base de datos nube	No	Firebase
Distancia máxima de lectura	30 metros	80 metros
Duración de batería	5 horas	7 horas
<b>COSTO</b>	<b>\$ 3649.00</b>	<b>\$ 1966.02</b>

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

**Tabla 4-14:** Comparativa de sistema de cronometraje Race Link Racing System y prototipo electrónico con valores teóricos

Características	Race Link Racing System	Prototipo electrónico
Parámetros monitoreados	Velocidad	Velocidad
Tecnología utilizada	RFDI	WiFi
Nodos de adquisición de datos	2	3
Nodos centrales	1	1
Aplicación	Si	Si
Registro de usuarios	Si	Si
Registro de datos históricos	No	si
Descarga de datos históricos en archivo texto	No	Si
Base de datos local	Si	Si
Base de datos nube	No	Firebase
Distancia máxima de lectura	30 metros	80 metros
Duración de batería	5 horas	7 horas
<b>COSTO</b>	<b>\$ 3649.00</b>	<b>\$ 1966.02</b>

Realizado por: Silva E.; & Quito R., 2023

La información consignada en la *Tabla 4-13* evidencia que el gasto asociado al prototipo electrónico es un 53.87% más bajo en relación con el sistema de cronometraje. Las especificaciones del sistema de cronometraje Race Link Racing System fueron extraídas de la hoja técnica suministrada por la empresa fabricante, facilitando así la comparación con los datos técnicos del prototipo obtenidos tras las pruebas de validación.

Las características del sistema de cronometraje presentan similitudes notables con las del sistema diseñado y construido. En lo que respecta a la duración de funcionamiento, el prototipo electrónico supera al sistema competidor en 2 horas, aunque teóricamente la diferencia es de 4 horas. Además, se puede inferir a partir de la *Ilustración 4-30* que la interfaz de usuario del sistema diseñado es considerablemente más simple que la del otro sistema

## CAPÍTULO V

En este capítulo, se implementó el diseño y construcción de un prototipo electrónico IoT aplicable a la medición y registro de parámetros en pruebas de velocidad en el área de atletismo. Este prototipo está compuesto por tres nodos similares que se conectan a una distancia mínima de 40 metros. El módulo central opera mediante una comunicación Wifi, gestionada a través de una aplicación móvil y una base de datos que ofrece una capacidad de almacenamiento de hasta 1GB.

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un prototipo electrónico IoT adaptable a la medición y registro de parámetros en tiempo real, por medio de una aplicación móvil, la cual fue empleada en pruebas de velocidad en el área de atletismo y refleja tres elementos similares.
- El diseño del prototipo electrónico abarca las fases de supervisión y adquisición, además del resguardo y la presentación de datos. Se utilizaron dos tipos de conexiones inalámbricas: la transferencia mediante radiofrecuencia para enviar los datos obtenidos en el terreno, y la tecnología Wifi como vía de acceso a la red para guardar la información en la base de datos.
- Tras llevar a cabo las pruebas de validación del prototipo, se identificaron errores de la media alrededor de 0.875 y 0.873 respectivamente. Estos valores sugieren que los desacierto se mantienen con la tolerancia prevista de 0.05, con un valor calculado de  $t$  de 0.892. A partir de esto, se deduce que el valor de  $t$  supera el margen de error, lo que implica que no se encuentra disparidad significativa en la medición del tiempo.
- Según los resultados de las pruebas de validación realizadas en el microsensor de alcance LiDAR TF-Luna (ToF), se detectaron errores típicos de la media alrededor de 0.912 y 0.916 respectivamente. Estos hallazgos sugieren que estos errores se mantienen dentro del margen establecido de 0.05, con un valor calculado para " $t$ " de 0.987. En consecuencia, se llega al resultado que el valor de  $t$  es superior al margen de error, lo que lleva que no existe diferencias significativas en la medición de la distancia.
- Siguiendo los resultados obtenidos en las pruebas de validación del sensor TF02-Pro LiDAR de 131.2 pies, se identificaron errores típicos de la media alrededor de 4.564 y

4.550 respectivamente. Estos valores señalan que dichos errores están alineados con el error previsto de 0.05, y el valor calculado de  $t$  es 0.993. En efecto, se puede concluir que el valor de  $t$  supera el margen de error, lo que indica que no se presentan diferencias significativas en la medición de la distancia.

- Mediante las pruebas de comunicación se emplearon la técnica de observación y comparación, con el fin de constatar que haya comunicación entre el nodo de transmisión y el nodo central. Esto se logró a través del empleo del monitor en serie del entorno de desarrollo Arduino 1.8.19. Además, se llevó a cabo la comprobación del proceso de envío de datos a la base de datos y su posterior visualización en la aplicación móvil.
- A través de la prueba de integridad de la información, se generan errores típicos de la media que muestran que no existe disparidad entre ellos. Esto señala que los datos enviados concuerdan con los datos recibidos, validando la integridad del proceso de transmisión de información. Del mismo modo, se calcula un valor de  $t$  igual a 1. En fin, se afirma que las medidas son altamente precisas, lo que contribuye a obtener un resultado experimental satisfactorio.
- Basándonos en la prueba de consumo de corriente y descarga de la batería, se determinó que los nodos de transmisión y el nodo central consumen 115.92 mA de corriente en condiciones reales. Estableciendo que de la batería tiene una duración de 7.10 horas. Durante las sesiones de entrenamiento realizadas en el Centro de Educación Física de la ESPOCH, el prototipo se mantuvo en funcionamiento durante aproximadamente 1.45 horas en cada entrenamiento. Se registró que la batería suministró energía a los nodos a lo largo de veinte entrenamientos.
- A partir de la prueba realizada por el entrenador en cuanto al funcionamiento y la facilidad de uso, se deduce que el prototipo electrónico se caracteriza por su utilización sencilla y su manejo resulta intuitivo. Además, se considera que esta propuesta introduce innovación en el contexto de los entrenamientos de los atletas.
- Según el estudio económico realizado para la creación y puesta en marcha del prototipo electrónico, se establece que el costo de este es un 50.26% más económico en comparación con el sistema de cronometraje. Además, se pueden resaltar diversas

ventajas del prototipo, como su durabilidad es superior en comparación con el sistema competidor en términos de rendimiento a lo largo del tiempo. Además, la interfaz de usuario diseñada para el prototipo se presenta de manera más sencilla que la del otro sistema, entre otros aspectos notables.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Extender la duración de las pruebas destinadas a validar los componentes de los nodos dentro del módulo electrónico, con el propósito de identificar oportunidades para perfeccionar el diseño del prototipo.
- Se incorpore una identificación automática mediante tarjetas RFID, permitiendo que un lector emita señales de radiofrecuencia y lea su identificador único, agilizando y automatizando el proceso de identificación y registro de usuarios.
- Emplear tarjetas RFID para la identificación y seguimiento de los atletas, con la finalidad de que las pruebas ya no sean individuales, sino grupales.
- Para la mejora del prototipo electrónico se recomienda que se adquiera en equipo comercial Race Link Racing System para realizar una comparación más técnica entre ambos dispositivos.
- Proponer una mejora el diseño del prototipo electrónico que sea fácil de transportar, permitiendo una mayor portabilidad y uso del sistema para su desplazamiento.
- Realizar un estudio del tipo del material que utiliza el prototipo electrónico para definir los niveles de efectividad de sellado contra la instrucción de cuerpos extraños, suciedad, humedad, polvo, presión, etc.
- Impulsar la comercialización y registro de los trabajos de titulación reconociendo su calidad y potencial, con el propósito de aprovechar las oportunidades de mercado y proteger las innovaciones desarrolladas con la finalidad de apoyar los emprendimientos.
- Crear una base de datos local propia de la universidad para satisfacer la demanda de los estudiantes permitiendo la integridad información.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUAYO, P., 2014.** “*Software de Arduino*”. Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://arduino.cl/programacion/>.

**ANDALUZ ORTIZ, Wellington I.** Automatización de un sistema de desinfección mediante tecnología inalámbrica (WIFI) en el gobierno autónomo descentralizado parroquial rural de Picaihua (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ingeniería en sistemas electrónica e industrial, Escuela de ingeniería en electrónica y comunicaciones. (Ambato – Ecuador). 2021. Pp. 12-15. [Consulta: 21 de abril 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33905/1/t1904ec.pdf>

**ANDROID STUDIO, 2021.** “*Download Android Studio & app tools*”. Android Developers [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://developer.android.com/studio>.

**ARDUINO, 2021.** “*Productos*”. Arduino.cc [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/products/>.

**ARDUINO, 2021.** “*Software*”. Arduino.cc [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/software/>.

**ARDUINO, 2022.** “*SPI - Arduino Reference. Arduino.cc*” [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/spi/>.

**ARDUINO, 2023.** “*SoftwareSerial Library. Arduino.cc*” [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/software-serial>.

**ARIAS ARIAS, Elkin; & AGUILAR AGUILAR, Rafael.** “El desarrollo de la velocidad de desplazamiento en escolares”. Revistas UdeA [en línea], 2018, (Colombia). [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/expomotricidad/article/view/331693>

**ASICS.** *¿What is the ASICS runkeeper app?* [Blog]. [Consulta: 7 julio 2022]. <https://www.asics.com/au/en-au/blog/what-is-the-asics-runkeeper-app.html>

**BALA, D., 2018.** “*Esp8266: Step by Step Tutorial for Esp8266 Iot, Arduino Nodemcu Dev Kit. Independently Published*”.

**BALAGUÉ, N., TORRENTS, C., HRISTOVSKI, R., & KELSO, J. A., 2014.** “*Sport science integration: an evolutionary synthesis. European Journal of Sport Science*”, 14(sup1), S31-S43.

**BERNATE, Jayson Andrey; & FONSECA, Ingrid Patricia.** “Impacto de las Tecnologías de Información y Comunicación en la educación del siglo XXI”. Dialnet [en línea], 2022, (Colombia) 29(1), p. 229-231. [Consulta 7 diciembre 2023]. ISSN 1315-9518. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8822438>

**BRAGADO, I.** *Física General* [en línea]. Madrid-España: Reverte, 2003. [Consulta: 8 junio 2022]. Disponible en: <https://fisicas.ucm.es/data/cont/media/www/pag-39686/fisica-general-libro-completo.pdf>

**BRUSSEAU, T.A., 2015.** “*The intricacies of children’s physical activity. Journal of human kinetics*” [en línea], vol. 47, no. 1, ISSN 1640-5544. DOI 10.1515/hukin-2015-0082. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1515/hukin-2015-0082>.

**CAÑIZARES, J; & CARBONERO, C.** “*Temario resumido de oposiciones de educación física secundaria LOMCE. Acceso al cuerpo de profesores de enseñanza secundaria volumen I*” [en línea]. Sevilla-España: Wanceulen Editorial SL, 2019. [Consulta: 8 junio 2022]. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XOvGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=Temario+Resumido+de+Oposiciones+de+Educaci%C3%B3n+F%C3%ADsica&ots=ykWGr96tw4&sig=aJPDvRN73ts2xITr87xcZx\\_tAaM#v=onepage&q=Temario%20Resumido%20de%20posiciones%20de%20Educaci%C3%B3n%20F%C3%ADsica&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XOvGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=Temario+Resumido+de+Oposiciones+de+Educaci%C3%B3n+F%C3%ADsica&ots=ykWGr96tw4&sig=aJPDvRN73ts2xITr87xcZx_tAaM#v=onepage&q=Temario%20Resumido%20de%20posiciones%20de%20Educaci%C3%B3n%20F%C3%ADsica&f=false)

**CARMENATE, J.G., 2021.** “*ESP32 Wifi + Bluetooth en un solo lugar*”. Programar fácil con Arduino [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/>.

**CHOLLET, CHALIES and CHATARD, 2000.** “*A new index of coordination for the crawl: Description and usefulness. International journal of sports medicine*” [en línea], vol. 21, no. 1, ISSN 0172-4622. DOI 10.1055/s-2000-8855. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2000-8855>.

**CONTENIDOS, H.N., 2020.** “*Base de Datos: ¿Qué es y para qué sirven? Hosting Rápido con cPanel y certificado SSL en Chile | HN Datacenter*” [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.hn.cl/blog/para-que-sirven-la-bases-de-datos/>.

**CORONA RAMIRÉZ, L.; ABARCA JIMENÉZ, G.; & MARES CARREÑO, J.** *Sensores y actuadores* [En línea]. México, Editorial Patria, 2014. [Consulta: 7 mayo 2023]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wMm3BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Sensores+y+actuadores+Corona+Rampirez&ots=6OakiA77Xy&sig=ihJS47eQfQYG4ixeZGiS3dTHAI0#v=onepage&q=Sensores%20y%20actuadores%20Corona%20Rampirez&f=false>

**DAMIÁN, A., 2022.** “*Arduino IDE, instala este entorno de desarrollo para trabajar con Arduino*”. Ubunlog [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://ubunlog.com/arduino-ide-entorno-desarrollo-para-trabajar-con-arduino/>.

**DAMIÁN, J., 2023.** “*Arduino Nano Pinout y características*”. Electrogeek [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.electrogeekshop.com/arduino-nano-pinout-y-caracteristicas/>.

**ELFRINK, M. B., & MARTENS, W. R., 1976.** “*Measuring timing error of stopwatch operators in track and field events. Research Quarterly*”, 47(2), 207-211.

**ESP32, 2021.** “*ESP32 Series Datasheet*”. Espressif.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf).

**EUROINNOVA BUSINESS SCHOOL, 2022.** “*¿Qué es el software de programación?*”. Euroinnova Business School [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.euroinnova.ec/blog/que-es-el-software-de-programacion>.

**FERNÁNDEZ, Y., 2022.** “*Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*”. Xataka.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>.

**FIREBASE REALTIME DATABASE., 2021.** “*Firebase realtime database*”. Firebase [en línea]. [consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/database>.

**FIREBASE, 2021.** “*Firestore Realtime Database*”. Firebase [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/database?hl=es-419>.

**FLUTTER, 2021.** “*Build apps for any screen*”. Flutter.dev [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://flutter.dev/>.

**FUENTES, J., 2016.** “*¿Qué es Scratch? y ¿Para qué sirve?*”. Garaje Imagina [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://garajeimagina.com/es/que-es-scratch-y-para-que-sirve/>.

**GARMIN and GARMIN LTD. OR ITS SUBSIDIARIES, 2023.** “*Forerunner 35*”. Garmin [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.garmin.com/es-ES/p/552962>.

**GARMIN and GARMIN LTD. OR ITS SUBSIDIARIES, 2023.** “*Garmin Forerunner® 945*”. Garmin [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.garmin.com/en-US/p/621922>.

**GITHUB, 2023.** “*TFT: TFT Library for arduino*” [en línea]. S.l.: s.n. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://github.com/arduino-libraries/TFT>.

**GONZÁLEZ CÁRDENAS, G., ANDRÉS, F. and GÓMEZ, S., 2013.** “*Diseño e implementación de una Tarjeta de Desarrollo con*”. Laccei.org [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP157.pdf>.

**GUTERMAN, T., 2013.** “*Influencia del paradigma tecnológico en la formación de corredores de 100 metros planos de atletismo*”. Efdeportes.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd184/paradigma-tecnologico-en-la-formacion-de-corredores.htm>.

**HOROWITZ, P., & HILL, W., 2015.** “*The Art of Electronics. Cambridge University Press*”.

**HS-80TW-1, 2023.** “*HS-80TW-1*”. Casio.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.casio.com/es/watches/casio/clock/product.HS-80TW-1/>.

**IDCONGRESS, CÓDIGO DE BARRAS, QR, RFID... ¿QUÉ TECNOLOGÍA EMPLEAR EN MI EVENTO?** [En línea]. España: 2018. [Consulta: 24 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.idcongress.es/blog/identificacion-asistentes-congreso-evento>

**INVENTOR, A., 2021.** “MIT app inventor”. Mit.edu [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <http://appinventor.mit.edu/>.

**ISAAC, 2022.** “Android Studio: qué es y para qué sirve”. AndroidAyuda [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://androidayuda.com/android-studio/>.

**JULCA FLORE, J.; & LARIOS FRANCO, A.** “Prototipo basado en lenguaje ensamblador para la transferencia de datos por medio de ondas de radio frecuencia en campo abierto” Biotech and Engineering [En línea], 2021, (Perú) 1(1), pp. 1- 3. [Consulta: 1 marzo 2023]. Disponible en: <http://revistas.untels.edu.pe/index.php/files/article/view/8>

**KEEPCODING, 2022.** “Qué es Firebase Realtime Database”. KeepCoding Bootcamps [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://keepcoding.io/blog/que-es-firebase-realtime-database/>.

**KIERNAN, D., 2022.** “4.2: Prueba t de dos muestras agrupadas (Suponiendo varianzas iguales)”. LibreTexts Español [en línea], 2022. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: [https://espanol.libretexts.org/Estadisticas/Estadistica\\_Aplicada/Libro%3A\\_Biometria\\_de\\_Recur\\_sos\\_Naturales\\_\(Kiernan\)/04%3A\\_Inferencias\\_sobre\\_las\\_diferencias\\_de\\_dos\\_poblaciones/4.02%3A\\_Prueba\\_t\\_de\\_dos\\_muestras\\_agrupadas\\_\(Suponiendo\\_varianzas\\_iguales\)](https://espanol.libretexts.org/Estadisticas/Estadistica_Aplicada/Libro%3A_Biometria_de_Recur_sos_Naturales_(Kiernan)/04%3A_Inferencias_sobre_las_diferencias_de_dos_poblaciones/4.02%3A_Prueba_t_de_dos_muestras_agrupadas_(Suponiendo_varianzas_iguales)).

**LOCKIE, R. G., MURPHY, A. J., SCHULTZ, A. B., JEFFRIESS, M. D., & CALLAGHAN, S. J., 2013.** “Influence of sprint acceleration stance kinetics on velocity and step kinematics in field sport athletes”. The Journal of Strength & Conditioning Research, 27(1), 213-223.

**LOCKIE, R. G., MURPHY, A. J., SCHULTZ, A. B., KNIGHT, T. J., & JANSE DE JONGE, X. A., 2013.** “The effects of different sprint training methods on sprint performance over various distances: a brief review”. Journal of Strength and Conditioning Research, 27(4), 1036-1046.

**LOCKIE, R. G., MURPHY, A. J., SCHULTZ, A. B., KNIGHT, T. J., & JANSE DE JONGE, X. A., 2012.** “The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics

*and muscle strength and power in field sport athletes*". Journal of Strength and Conditioning Research, 26(6), 1539-1550.

**LOGROÑO, P., 2022.** “*Programas y herramientas para crear apps de móvil en Secundaria y Bachillerato*”. EDUCACIÓN 3.0 [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/crear-apps-de-movil/>.

**LONDOÑO, P., 2023.** “*Qué es Python, para qué sirve y cómo se usa (+ recursos para aprender)*”. Hubspot.es [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://blog.hubspot.es/website/que-es-python>.

**LOPÉZ ROLDAN, P.; & FACHELLI, S.** *Metodología de la investigación social cuantitativa* [En línea]. Barcelona – España: 2015. [Consulta: 14 agosto 2023]. Disponible en: [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2015/129380/metinvsocuan\\_cap3-1a2015.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2015/129380/metinvsocuan_cap3-1a2015.pdf)

**LOPEZ, E., 2017.** “*Eligiendo.....entre las diferentes versiones de Arduino*”. Un Programador [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://unprogramador.com/204-2/>.

**LOREFICE SPARACINO, G.** “*Tecnología inalámbrica Bluetooth sobre los servicios de comunicaciones en los ámbitos social y empresarial*”. Redalyc [En línea], 2003, (Venezuela) 2(2), pp. 36-49. [Consulta: 20 de abril 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/784/78420205.pdf>

**LUIS, E.R., 2018.** “*De cero a maker: todo lo necesario para empezar con Raspberry Pi*”. Xataka.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.xataka.com/makers/cero-maker-todo-necesario-para-empezar-raspberry-pi>.

**MARTÍNEZ LÓPEZ, Emilio J.** *Pruebas de aptitud física* [En línea]. Barcelona – España: Editorial Paidotribo, 2012. [Consulta: 7 mayo 2022]. Disponible en: <https://colegio5010.com/wp-content/uploads/2018/10/Pruebas-de-aptitud-fisica-copia-2.pdf>

**MECHATRONICS, N., 2023.** “*Módulo RF 2.4GHz - NRF24L01+PA+LNA con Antena*”. Naylamp Mechatronics - Perú [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/113-modulo-rf-nrf24l01-pa-lna-antena.html>.

**MICROSOFT SQL SERVER., 2021.** “*SQL Server downloads*”. Microsoft.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-downloads>.

**MÓDULOS ESP32 CON WI-FI / BLUETOOTH: GUÍA DE INTRODUCCIÓN, 2021.** “*Esp32 - Electrodaddy*”. **Electrodaddy** [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.electrodaddy.com/esp32/>.

**MORCILLO MARTÍNEZ, Lucía.** Sistema de detección de obstáculos para drones basado en sensor láser (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [En línea] Universidad Politécnica de Valencia, Ingeniería Aeroespacial. (Valencia – España). 2018. pp. 22-24. [Consulta: 8 de marzo 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/105633>

**MORRIS, A. S., & LANGARI, R., 2013.** “*Measurement and instrumentation principles*”. Oxford, UK: Elsevier.

**MOUSER ELECTRONICS, 2023.** “*TF02 Pro I2C*”. Mouser.ec [en línea]. [consulta: 13 Julio 2023]. Disponible en: [https://www.mouser.ec/ProductDetail/Benewake/TF02-Pro-I2C?q\\_s=zW32dvEIR3vNrVYP9NG9Ww%3D%3D](https://www.mouser.ec/ProductDetail/Benewake/TF02-Pro-I2C?q_s=zW32dvEIR3vNrVYP9NG9Ww%3D%3D).

**NAYLAMP MECHATRONICS, 2023.** “*WeMos D1 mini ESP8266 WiFi*”. Naylamp Mechatronics - Perú [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/expressif-esp/291-wemos-d1-mini-esp8266-wifi.html>.

**NIELFA, J.S., 2020.** “*Android Studio el entorno de desarrollo oficial de Android*”. Blog de Scoreapps | Conoce todo sobre el Marketing Móvil [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://scoreapps.com/blog/es/android-studio/>.

**ORACLE DATABASE CLOUD SERVICE, 2021.** “*Oracle Database Cloud Service*”. Oracle.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.oracle.com/database/database-cloud-service/>.

**ORACLE, 2019.** “*Servicio de base de datos estándar de Oracle*”. Oracle.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.oracle.com/es/database/standard>.

**ORTEGA, C., 2023.** “Prueba t: Qué es, ventajas y pasos para realizarla”. QuestionPro [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/prueba-t-de-student/>.

**PEKKA LUHTANEN, C.; & KOMI, P.** “A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping”. European journal of applied physiology and occupational physiology [En línea], 2018, (Finlandia) 50, pp. 273-281. [Consulta: 26 abril 2023]. Disponible en: <https://bmclab.pesquisa.ufabc.edu.br/x/VerticalJump/BoscoEJAP83jump.pdf>

**PERÉZ, Jorge Luis; & PERÉZ, Delvis.** *¿El entrenamiento deportivo: conceptos, modelos y aportes científicos relacionados con la actividad deportiva?* [Blog]. Buenos Aires: 2009. [Consulta: 10 julio 2022]. Disponible en: <https://www.efdeportes.com/efd129/el-entrenamiento-deportivo-conceptos-modelos-y-aportes-cientificos.htm>

**POWER SYSTEM.** *TCI System* [Blog]. 2021. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://browertiming.com/tci-timing-system>

**PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2021.** “Welcome to Python”. Python.org [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.python.org/>.

**RASPBERRY PI FOUNDATION, 2021.** “Buy a raspberry pi”. Raspberry Pi [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/>.

**RASPBERRY PI, 2022.** “¡Feliz 10 cumpleaños Raspberry Pi! Mi Raspberry Pi” [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <http://www.mirasberrypi.es/2022/02/feliz-10-cumpleanos-raspberry-pi/>.

**REYES, A., 2018.** “¿Qué es Microsoft SQL Server y para qué sirve?”. Intelequia [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://intelequia.com/blog/post/qu%C3%A9-es-microsoft-sql-server-y-para-qu%C3%A9-sirve>.

**RICO, Lázaro; MALDONADO, Aidé; ESCOBEDO, María Teresa; & DE LA RIVA, Jorge.** “Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo”. *Revistas Electrónicas UACJ* [en línea], 2005, (México) 29, pp. 9-17. [Consulta 3 mayo 2023]. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/>

**RIVADENEIRA PACHECO, J.; DE LA HOZ SUÁREZ, A.; BARRERA ARGUELLO, M.** “Análisis general del spss y su utilidad en la estadística” [En línea], 2020, (Ecuador) 2(4), pp. 17-25. [Consulta: 14 agosto 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/288306071.pdf>

**RODRIGUEZ BAENA, J.; & GÁLVEZ GONZÁLES, J.** “Análisis de las demandas de Sprint en competición por puestos específicos en el rugby 7 femenino”. Dialnet [En línea], 2021, (España) 39, pp. 46-50. [Consulta: 3 mayo 2022]. ISSN 1579-1726. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7586485>

**RUN, T.Y., 2022.** “Track your run - ASICS Runkeeper running tracker app”. ASICS Runkeeper [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://runkeeper.com/cms/>.

**SAC, N.M., 2023.** “Display Oled 0.91" I2C 128\*32 SSD1306 Blanco”. Naylamp Mechatronics - Perú [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/oled/391-display-oled-i2c-091-12832-ssd1306-blanco.html>.

**SADEGHI, P.; SAFAEI, B.; TALAEI, K.; HOSSEUNI, A.; & EJLALI, A.** “Towards a Reliable Modulation and Encoding Scheme for Internet of Things Communications”. IEEE 13th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT) [En línea], 2019, (Bakú), pp. 1-6. [Consulta: 9 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/335104959\\_Towards\\_a\\_Reliable\\_Modulation\\_and\\_Encoding\\_Scheme\\_for\\_Internet\\_of\\_Things\\_Communications](https://www.researchgate.net/publication/335104959_Towards_a_Reliable_Modulation_and_Encoding_Scheme_for_Internet_of_Things_Communications)

**SALAZAR, J.** *Redes inalámbricas* [En línea]. Barcelona – España: Editorial Erasmus +, 2016. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)

**SANTANDER, M.; ALSELMY, H.; & GARCIA, G.** “Evaluación de la velocidad máxima en un esprint de 30 metros en jóvenes futbolistas argentinos”. Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte [En línea], 2022, España 39(209), p. 132-137. [Consulta: 20 abril 2022]. Disponible en: [https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or1\\_santander.pdf](https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or1_santander.pdf)

**SCRATCH, 2021.** “Scratch - Imagine, Program, Share”. Mit.edu [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://scratch.mit.edu/>.

**SEIKO S056 - 100 LAP MEMORY STOPWATCH, 2023.** “*Producto SEIKO S056 - 100 lap Memory stopwatch*”. SEIKO & Ultrak Timing from CEI [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://cei-ultrak.com/products/seiko-s056-100-lap-memory>.

**SEN, 2023.** “*Micro sensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)*”. Didacticaselectronicas.com [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/distancia/sen0340-detail>.

**SISTEMA DE CRONÓMETRO BROWER TCI-GATE, 2023.** “*Sistema de cronómetro Brower TCI-Gate*”. Fysiosupplies.es [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fysiosupplies.es/brower-tci-gate-timing-system>.

**STEREN, E., 2023.** “*Power Bank de 5,000 mAh, texturizada*”. Electrónica Steren México [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.steren.com.ec/power-bank-de-5-000-mah-texturizada.html>.

**TMRH, 2023.** “*RF24*”. Arduino.cc [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/rf24/>.

**UNIVERSIDAD DE GRANADA, 2017.** “*Autodesk EAGLE, un ejemplo de por qué preferimos software libre*”. Ugr.es [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://osl.ugr.es/2017/02/22/autodesk-eagle-un-ejemplo-de-por-que-preferimos-software-libre/>.

**VALENCIA, R., 2023.** “*Desarrollo de aplicaciones*”. www.cognizant.com [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.cognizant.com/es/es/glossary/application-development>.

**VELASTEGUI CAMINO, Jonathan Alejandro.** Ejercicios anaeróbicos en la técnica de salida de las pruebas de velocidad en estudiantes de bachillerato general unificado (Trabajo de titulación) (Licenciatura). [En línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias humanas y de la Educación, Carrera de Pedagogía de la Actividad Física y deporte. Ambato – Ecuador. 2022. pp. 14-17 [Consulta: 9 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35947/1/EST.%20VELASTEGUI%20CAMINO%20JONATHAN%20ALEJANDRO-signed-signed-signed.pdf>

**VINICIO, M., 2019.** “*¿Qué es Flutter?*”. Aurestic [en línea]. [consulta: 5 mayo 2023]. Disponible en: <https://aurestic.es/que-es-flutter/>.

**VINUESA, M; & VINUESA, I.** *Conceptos y métodos para el entrenamiento físico* [en línea]. Madrid-España, Ministerio de defensa, 2016. [Consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: <http://bibliotecas.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1240/1/Vinuesaentrenamiento%20f%c3%a4sico.pdf>

**WIRE, 2019.** “*Wire*”. Perut.org [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://arduwiki.perut.org/index.php/Wire>.

**XUKYO, 2020.** “*Usando un módulo NRF24L01 con Arduino*”. AranaCorp [en línea]. [consulta: 14 Julio 2023]. Disponible en: <https://www.aranacorp.com/es/usando-un-modulo-nrf24l01-con-arduino/>.



# ANEXO B: Hoja de datos del módulo RF 2.4GHZ - NRF24L01+PA+LNA con antena



## nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver Preliminary Product Specification v1.0

### Key Features

- Works in 3.4GHz ISM band operation
- 250kbit/s, 1Mbps and 2Mbps on air data rate
- Ultra low power operation
- 11.3mA TX at 0dBm output power
- 15.5mA RX at 2Mbps on air data rate
- 900nA in power down
- 28µA in standby I
- On-chip voltage regulator
- 1.9 to 3.3V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet retransmission handling
- 4 data pipe MultiCast™
- Drop-in compatibility with nRF24LE1
- On-air compatible in 2Mbps and 1Mbps with nRF24L01A, nRF24L02, nRF24L01 and nRF24E2
- Low noise ICN
- 400ppm 10MHz crystal
- 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin surface QFN package

### Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-1 wireless transceivers
- Enhanced Multi-Channel remote controls
- VoIP transceivers
- 0-gene controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracking systems
- Toys

© 2006 Nordic Semiconductor AS  
 Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written permission of the copyright holder.  
 10001-0000



### Library disclaimer

Nordic Semiconductor AS reserves the right to make changes without further notice to the content to maintain accuracy, function or design. Nordic Semiconductor AS does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein.

All application information is advisory and does not form part of the specification.

### Limiting values

Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other condition above those given in the specifications and not under Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

### Life support applications

These products are not designed for use in life support applications, devices, or systems where malfunction or failure could reasonably be expected to result in personal injury, Nordic Semiconductor AS does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Nordic Semiconductor AS does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein.

### Disclaimer

**Original product specification:** The product specification contains target specifications for product development.  
**Primary product specification:** The product specification contains preliminary data. Independent use may be prohibited from Nordic Semiconductor AS.  
**Product specification:** The product specification contains final product specifications. Nordic Semiconductor AS reserves the right to make changes at any time without notice to improve design and quality for best possible product.

### Contact details

Find your distributor at the Nordic Semiconductor sales office and distributor website.

#### Main office

0800 Helsinki, tel: 12  
 00441 Thorsbladet  
 Phone: +47 72 88 86 00  
 Fax: +47 72 88 86 89  
 www.nordicsemi.no



### Writing Conventions

This product specification follows a set of typographic rules that makes the document consistent and easy to read. The following writing conventions are used:

- Commands, bit state conditions, and register names are written in **capital**.
- Pin names and pin signal conditions are written in **lowercase**.
- Cross references are **underlined** and **highlighted in blue**.

### Revision History

Date	Version	Description
March 2006	1.0	

### Attention!

Observe precaution for handling Electrostatic Sensitive Device.



### Contents

1	Introduction	7
1.1	Contents	8
1.2	Block diagram	9
2	Pin Information	19
2.1	Pin assignment	19
2.2	Pin functions	11
3	Absolute maximum ratings	12
4	Operating conditions	13
5	Electrical specifications	14
5.1	Power consumption	14
5.2	General RF conditions	15
5.3	Transmitter operation	15
5.4	Receiver operation	16
5.5	Crystal specifications	18
5.6	DC characteristics	19
5.7	Power on reset	19
6	Radio Control	20
6.1	Operational Modes	20
6.1.1	Standby Mode	20
6.1.2	Power Down Mode	21
6.1.3	Standby Modes	21
6.1.4	RX mode	22
6.1.5	TX mode	22
6.1.6	Operational modes configuration	23
6.1.7	Timing Information	23
6.2	Air data rate	24
6.3	RF channel frequency	24
6.4	Reserved Power Detector measurements	24
6.5	DR control	25
6.6	ROTX control	25
7	Enhanced ShockBurst™	26
7.1	Features	26
7.2	Enhanced ShockBurst™ overview	26
7.3	Enhanced ShockBurst™ packet format	27
7.3.1	Checksum	27
7.3.2	Address	27
7.3.3	Packet Control Field	27
7.3.4	Payload	28
7.3.5	CRC Cyclic Redundancy Check	28
7.4	Automatic packet handling	28
7.4.1	Static and Dynamic Packet Length	29
7.4.2	Automatic packet assembly	29
7.4.3	Automatic packet validation	30
7.4.4	Automatic packet disassembly	30

# ANEXO C: Hoja de datos del Display OLED 0.91" I2C 128\*32 SSD1306

## ER-OLED0.91-1 Series OLED Display Datasheet



EastRising Technology Co., Limited

Attention:  
 1. Some specifications of this are reserved in this datasheet. Please refer to the 11-03-2009 V1.000-0001.  
 2. The latest documents for marketing, sales, and technical use of available should download from www.eastrising.com.  
 3. Please pay more attention to "Quality Control" in this datasheet. We ensure you always have the latest information about any product under sell or in development.

REV	DESCRIPTION	RELEASE DATE
1.0	Preliminary Release	May-11-2009

### ORDERING INFORMATION

Part Number/Order Number	Description
ER-OLED0.91-W	0.91" OLED Display Module in White Color
ER-OLED0.91-B	0.91" OLED Display Module in Blue Color
ER-DD00.91-1	MCU 89C1286 Based for ER-OLED0.91-1 Series Products

Image



**Contents**

Revision History..... i  
 Notice..... ii  
 Contents..... iii  
**1. Basic Specifications..... 1-6**  
 1.1 Display Specifications..... 1  
 1.2 Mechanical Specifications..... 1  
 1.3 Active Area & Pixel Configuration..... 1  
 1.4 Mechanical Drawing..... 2  
 1.5 Pin Definition..... 3  
 1.6 Block Diagram..... 5  
 1.6.1 V<sub>CC</sub> Supplied Externally..... 5  
 1.6.2 V<sub>CC</sub> Driven by External DC/DC Circuit..... 6  
**2. Absolute Maximum Ratings..... 7**  
**3. Optics & Electrical Characteristics..... 8-9**  
 3.1 Optics Characteristics..... 8  
 3.2 DC Characteristics..... 8  
 3.3 AC Characteristics..... 9  
**4. Functional Specifications..... 10-11**  
 4.1 Contrast..... 10  
 4.2 Power Area and Power up Sequence..... 10  
 4.2.1 Power up Sequence..... 10  
 4.2.2 Power down Sequence..... 10  
 4.3 Panel Capable..... 10  
 4.4 Actual Application Example..... 11  
**5. Reliability..... 12**  
 5.1 Contents of Reliability Tests..... 12  
 5.2 Lifetime..... 12  
 5.3 Failure Check Standard..... 12  
**6. Quality Control..... 13**

### 1. Basic Specifications

#### 1.1 Display Specifications

- 1) Display Mode: Passive Matrix
- 2) Drive Duty: 1/32 Duty

#### 1.2 Mechanical Specifications

- 1) Outline Drawing: According to the attached metric drawing
- 2) Number of Pixels: 128 × 32
- 3) Panel Size: 30.0 × 11.50 ± 1.45 (mm)
- 4) Active Area: 22.104 × 3.584 (mm)
- 5) Pixel Pitch: 0.175 × 0.175 (mm)
- 6) Pixel Size: 0.175 × 0.175 (mm)
- 7) Weight: 1.05 (g)

#### 1.3 Active Area & Pixel Configuration

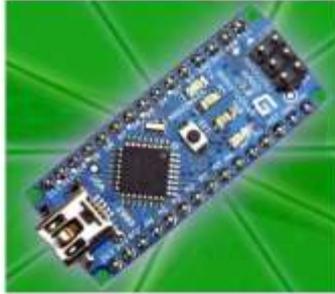




# ANEXO E: Hoja de datos del Arduino Nano

## Arduino Nano (V3.0)

### User Manual

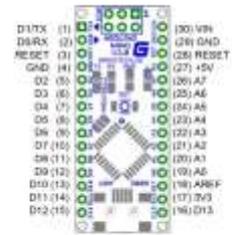


Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:  
[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

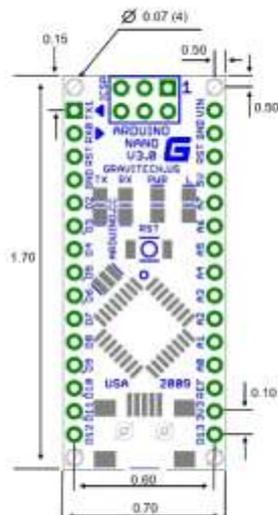
Rev 3.0

### Arduino Nano Pin Layout



Pin	Label	IO	Function
1-3, 5-16	D0-D13	IO	Digital input/output (pins 0 to 13)
3, 5B	RESET	Input	Reset (active low)
4, 2B	GND	Power	Supply ground
17	VCC	Output	+3.3V output (from FT232)
18	AREF	Input	ADC reference
19-25	A0-A5	Input	Analog input channel 0 to 5
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V input (from external power supply)
16	VIN	Power	Supply voltage

### Arduino Nano Mechanical Drawing



# ANEXO F: Hoja de datos del Wemos D1 Mini ESP8266 WIFI



## ESPRESSIF SMART CONNECTIVITY PLATFORM: ESP8266



**Disclaimer and Copyright Notice**  
 Information on this document, including the ECU number, is subject to change without notice. THIS DOCUMENT IS PROVIDED "AS IS" WITHOUT WARRANTIES OR REPRESENTATIONS OF ANY KIND, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY, CONDITION, OR HOLD OF TITLE. NO LIABILITY OR SPECIAL APPLICATION BE MADE. All systems, including mobile and embedded, are proprietary rights, regardless of use of information in this document is intended for internal systems or supplied, by approval or otherwise, to any external party, without any general license.  
 The Espressif System Website Logo is a trademark of the Wi-Fi Alliance.  
 © All trademarks, trademarks and registered trademarks contained in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.  
 Copyright © 2019 Espressif Systems Inc. All rights reserved.



### Table of Contents

1	INTRODUCTION	4
2	TECHNOLOGY OVERVIEW	6
3	FEATURES	6
4	APPLICATION DIAGRAM	7
5	ULTRA LOW POWER TECHNOLOGY	8
6	ESP8266 APPLICATIONS	9
7	SPECIFICATIONS	10
7.1	General Characteristics	10
7.2	RF Performance	11
8	CPU, MEMORY AND INTERFACES	12
8.1	CPU	12
8.2	Memory Controller	12
8.3	488 pins AHB Interconnect	12
8.4	Interfaces	13
8.4.1	Master SPI / SPI Control / General	13
8.4.2	General Purpose IO	14
8.4.3	Digital Watchdog	14
9	FIRMWARE & SOFTWARE DEVELOPMENT KIT	16
9.1	Features	16
10	POWER MANAGEMENT	19
11	CLOCK MANAGEMENT	19
11.1	Hardware Frequency	19
11.2	External Reference Frequency	20
12	RADIO	21
12.1	Chipset Features	21
12.2	1-KHz Frequency	21
12.3	1-MHz Frequency	21
12.4	Channel Allocation	21
APP	QUESTIONS DRAWING	22



### 1 Introduction

Espressif System Smart Connectivity Platform (SCP) of high performance wireless SoCs for mobile platform devices provide integrated ability to embed Wi-Fi capabilities within other systems, at the lowest cost with the greatest functionality.

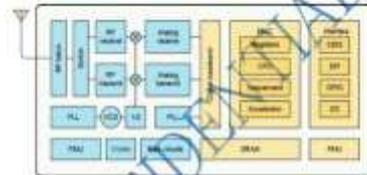


Figure 1 - System Block Diagram

# ANEXO G: Hoja de datos de la Batería Power Bank de 5,000 mAh



**Power Bank**  
Batería de respaldo

MOV-1058  
Manual de instrucciones

---

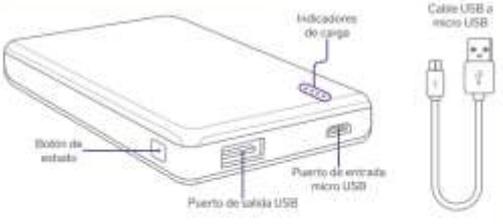
### IMPORTANTE

**Por favor, lee completamente y con atención esta instrucción, antes de realizar cualquier acción con el equipo, para saber cómo utilizarlo adecuadamente.**

La información es presentada únicamente como referencia, debido a actualizaciones pueden existir diferencias. Las imágenes mostradas son ilustrativas. El diseño y el funcionamiento del producto pueden variar sin previo aviso.

Consulta nuestra página [www.stereon.com](http://www.stereon.com) para obtener la versión más reciente del manual de instrucciones.

### CONTENIDO Y PARTES



---

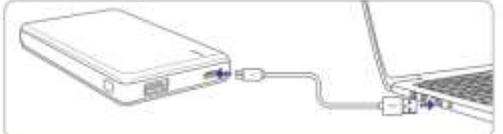
### PRECAUCIONES

- No coloques objetos pesados sobre la batería.
- No uses ni almacenes la batería en lugares donde existan goteras, humedad o vapores calientes.
- Utiliza un paño suave y seco para limpiarla.
- No intentes abrir la batería.
- Evita golpear o dejar caer el equipo.
- No conectes la batería a una tensión o corriente mayor a la especificada.
- No conectes en la salida USB de la batería equipos que demanden una corriente mayor a 2 A (como ventiladores de escritorio u otros similares).
- La batería no debe exponerse al agua, al fuego ni a la luz solar.
- Mantén la batería en un rango de temperatura de 0 °C a 40 °C, para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro.
- Los niños deben ser supervisados para asegurarse de que no usen el aparato como juguete.
- No deseches esto o cualquier equipo electrónico en basureros comunes. Contacta a la autoridad encargada del correcto tratamiento de residuos o desechos electrónicos en tu localidad, o acude a una planta de reciclaje.

### CÓMO CARGAR LA BATERÍA DE RESPALDO

#### Opción 1

Utiliza el cable micro USB a USB para conectar la batería a una computadora.



---

#### Opción 2

Utiliza el cable micro USB a USB y un adaptador de corriente (5 V<sup>nom</sup>, 1 A más<sup>2</sup>) para conectar la batería a un contacto eléctrico.



<sup>2</sup>El adaptador se vende por separado.

### ESPECIFICACIONES

Alimentación: 5 V<sup>nom</sup>, 1 A  
Salida: 5 V<sup>nom</sup>, 2 A más.

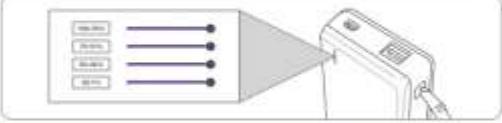
**Batería interna**  
Voltaje: 3.7 V<sup>nom</sup>  
Capacidad: 5,000 mAh

Las especificaciones pueden cambiar sin previo aviso.

---

### Indicadores de carga

Al conectar la batería a una fuente de energía o recargar algún dispositivo, encenderán los LED para indicar la cantidad de carga almacenada. También puedes revisarla, sin tener ningún dispositivo conectado, si presionas el botón de estado.



### PÓLIZA DE GARANTÍA

**Producto:** Power Bank  
**Modelo:** MOV-1058  
**Marca:** Stereon

Esta política garantiza el producto por el término de un año en México con componentes y mano de obra, y tres meses en el resto del mundo por accidente o en Electrónica Stereon S.A. de C.V.

**CONDICIONES**

- Para hacer efectiva la garantía, debe presentarse esta póliza, factura o independencia del sistema y el producto, en el lugar donde fue adquirido o en Electrónica Stereon S.A. de C.V.
- Electrónica Stereon S.A. de C.V. se compromete a reparar el producto en caso de estar defectuoso, sin ningún cargo al consumidor. Los gastos de transporte serán a cargo del usuario por el proveedor.
- El tiempo de reparación en ningún caso será mayor a 30 días, contados a partir de la recepción del producto en cualquiera de los sitios donde pueda hacerse efectiva la garantía.
- El lugar donde se pueden adquirir partes, componentes, accesorios y accesorios, así como hacer válida esta garantía es en cualquiera de las direcciones mencionadas posterior mente.

**ESTA PÓLIZA NO SE HARÁ EFECTIVA EN LOS SIGUIENTES CASOS:**

- Cuando el producto ha sido utilizado en condiciones inadecuadas a las especificadas.
- Cuando el producto ha sido operado de acuerdo con el instructivo de uso.
- Cuando el producto ha sido alterado o reparado por personal no autorizado por Electrónica Stereon S.A. de C.V.

Si lo presente garantía es extensiva, el consumidor puede recurrir a su proveedor para que le ayude a otra póliza, previa presentación de la nota de cargo o factura respectiva.

**DATOS DEL DISTRIBUIDOR**

Nombre del Distribuidor: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 Fecha de entrega: \_\_\_\_\_

**ELECTRÓNICA STEREO S.A. DE C.V.**  
 Bulevar Maximiliano Marín, s/n, 3428, col. San Salvador Huachinera, Atzacotalpa, Ciudad de México.  
 C.P. 06700, RFC: EST800628-60

**STEREO PRODUCTO EMPACADO S.A. DE C.V.**  
 Aeropuerto México-Querétaro, No. 26 S, 5to. Nivel, Nueva Industrial 3-4, col. Lomas de Bosques, Tlalpuigalpa de las Rosas, Estado de México, C.P. 54100, RFC: SPE-941215-043

En caso de que tu producto presente alguna falla, o si tienes alguna duda o pregunta, por favor, llama a nuestro Centro de Atención a Clientes, en donde con gusto te atenderemos en todo lo relacionado con tu producto Stereon.

Centro de Atención a Clientes: (55) 15 16 60-00

---

### MODO DE USO

Conecta tu dispositivo a la batería de respaldo.

La batería encenderá automáticamente.



En algunos dispositivos puede ser necesario presionar el botón de estado para iniciar la carga, para detalles, presiona el botón de estado.

**Evita la exposición al sol en lugares cerrados**

















```

private void InitializeComponent()
{
    InitializeComponent_Properties();
    InitializeComponent_Controls();
}

private void InitializeComponent_Properties()
{
    this.Name = "Form1";
    this.Text = "Form1";
    this.WindowState = WindowState.Normal;
    this.StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen;
    this.FormBorderStyle = FormBorderStyle.FixedSingle;
    this.MaximizeBox = false;
    this.MinimizeBox = false;
    this.KeyPreview = true;
}

private void InitializeComponent_Controls()
{
    this.Controls.Add(new TextBox());
    this.Controls.Add(new Button());
}

private void Button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Hello World!");
}

```

```

private void Button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Hello World!");
}

```

**OWOJ PWA REGIST.**

```

private void InitializeComponent()
{
    InitializeComponent_Properties();
    InitializeComponent_Controls();
}

private void InitializeComponent_Properties()
{
    this.Name = "Form1";
    this.Text = "Form1";
    this.WindowState = WindowState.Normal;
    this.StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen;
    this.FormBorderStyle = FormBorderStyle.FixedSingle;
    this.MaximizeBox = false;
    this.MinimizeBox = false;
    this.KeyPreview = true;
}

private void InitializeComponent_Controls()
{
    this.Controls.Add(new TextBox());
    this.Controls.Add(new Button());
}

private void Button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Hello World!");
}

```

```

private void InitializeComponent()
{
    InitializeComponent_Properties();
    InitializeComponent_Controls();
}

private void InitializeComponent_Properties()
{
    this.Name = "Form1";
    this.Text = "Form1";
    this.WindowState = WindowState.Normal;
    this.StartPosition = FormStartPosition.CenterScreen;
    this.FormBorderStyle = FormBorderStyle.FixedSingle;
    this.MaximizeBox = false;
    this.MinimizeBox = false;
    this.KeyPreview = true;
}

private void InitializeComponent_Controls()
{
    this.Controls.Add(new TextBox());
    this.Controls.Add(new Button());
}

private void Button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Hello World!");
}

```

```

private void Button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Hello World!");
}

```

```

private void Button_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Hello World!");
}

```

## ANEXO K: Hoja de datos del celular Redmin 11

### XIAOMI

XIAOMI REDMI NOTE 11 5G.5 CM (6.43") SIM DOBLE ANDROID 11 4G+  
 USB TIPO C 4 GB 128 GB 5000 MAH AZUL

REFERENCIA: 71419 FABRICANTE: XIAOMI  
 PARTNUMBER: M2B040HU EAN: 6934778024



Xiaomi Redmi Note 11. Diagonal de la pantalla: 16,3 cm (6,43"). Resolución de la pantalla: 1080 x 2400 Píxeles. Tipo de transistor: AMOLED. Pantalla de protección: Gorilla Glass Sapphirum. Modelo del procesador: 880. Capacidad de RAM: 8 GB. Tipo de RAM: LPDDR4X. Capacidad de almacenamiento interno: 128 GB. Resolución de la cámara trasera (principal): 50 MP. Tipo de cámara trasera: Cámara cuadrada. Capacidad de la batería 5000 mAh. SIM doble. Sistema operativo instalado: Android 11. Capacidad de carga: 5000 mAh. Color del producto: Azul. Peso: 173 g.

EAN	6934778024	Fabricante	XIAOMI
PARTNUMBER	M2B040HU	Canon	7.25
Factor de forma	Slam	Color del producto	Azul
Modelo del color	Dragonfire	Recomendado de color	Si
Forma de la pantalla	Plan	Diagonal de la pantalla	16,3 cm (6,43")
Tipo de visualizador	AMOLED	Banda de conexión (Wi-Fi)	4000000 1
Resolución de la pantalla	2400 x 1080 Píxeles	Densidad del píxel	400 ppp
Reflejo de pantalla	1000 vol / m²	Mediana velocidad de actualización	89 Hz
Sensibilidad táctil	Si	Activaciones	Si
Sensibilidad táctil	Si	Velocidad de actualización	Si
Sensibilidad táctil	Si	Familia de procesador	Qualcomm Snapdragon
Modelo del procesador	880	Frecuencia del procesador (núcleo)	2,1 GHz
Capacidad de RAM	8 GB	Capacidad de almacenamiento interno	128 GB
Tipo de RAM	LPDDR4X	Tarjetas de memoria compatibles	MicroSD UHS-I/UHS-II
Tamaño máximo de tarjeta de memoria	1000 GB	Tipo de cámara para tarjeta de memoria	Remova del cable
Resolución automática	Si	Cámara trasera con flash	Si
Número de apertura de la cámara trasera	1,8	Resolución de la cámara trasera (principal)	50 MP
Resolución de la cámara trasera	1079 x 1080 Píxeles	Número de apertura de la segunda cámara trasera	7,2
Resolución de la segunda cámara trasera (secundaria)	8 MP	Tipo de cámara trasera	Única cuadrada
Resolución en resolución de captura	1080000000px	Número de fotografías de la cámara trasera	7,4
Número de apertura de la cámara frontal	7,4	Resolución de la cámara delantera	1080 x 1080 Píxeles
Resolución de la cámara frontal	7 MP	Resolución de la cámara trasera	7 MP

(numérica)	
Número de diafragma de la tercera cámara trasera	2,4
Resolución de la cámara frontal (numérica)	13 MP
Autoenfoco	Si
Tipo de cámara frontal	Cámara única
Bluetooth	Si
Wifi	Si
Generación de red móvil	4G
Estándares 3G	WCDMA
Puerto USB	Si
Auriculares	3,5 mm
Sistema de mensajería multimedia (MMS)	Si
Alerta vibratoria	Si
Altavoz	Si
Lector de huella digital	Si
GPS	Si
GLONASS	Si
Altavoces	Estéreo
Plataforma	Android
Bifurcación del sistema operativo	MIUI 13
Capacidad de batería	5000 mAh
Ancho	73,9 mm
Altura	159,9 mm
Potencia de adaptador AC	33 W
Índice SAR para el cuerpo (UE)	0,996 W/kg
Pantalla táctil	Si

trasera (numérica)	
Tipo de flash	LED
Modos de grabación de vídeo	1080p
Detectar de rostro	Si
Versión de Bluetooth	5.0
Wi-Fi estándares	802.11a, 802.11b, 802.11g, Wi-Fi 4 (802.11n), Wi-Fi 5 (802.11ac)
Estándar 4G	LTE-TDD & LTE-FDD
Tipo de tarjeta SIM	NanoSIM
Capacidad de la tarjeta SIM	SIM doble
Conector USB	USB Tipo C
Servicios de mensajes cortos (SMS)	Si
Correo electrónico	Si
Vídeo llamada	Si
Adaptador gráfico	Adreno 610
Carga rápida	Si
GPS	Si
Galileo	Si
Versión del firmware	MIUI 14
Sistema operativo instalado	Android 11
Plataforma de distribuciones de aplicaciones	Google Play
Peso	179 g
Profundidad	8,09 mm
Adaptador AC incluido	Si
Índice SAR para la cabeza (UE)	0,989 W/kg
SAR (Specific Absorption Rate, Tasa de absorción específica) en extremidades (UE)	1,996 W/kg
Índice de reparabilidad	7,8

## ANEXO L: Hoja de datos del equipo patrón

### STANLEY 34-263S CINTA METRICA LARGA FIBRA DE VIDRIO 1/2" X 50M

[toolsolutions.cr/productos/stanley-34-263s-cinta-metrica-larga-fibra-de-vidrio-1-2-x-50m/](https://toolsolutions.cr/productos/stanley-34-263s-cinta-metrica-larga-fibra-de-vidrio-1-2-x-50m/)

Código: 263059



#### Descripción

Cinta métrica larga

#### Características

- Material cinta: Fibra de vidrio con 40 hilos
- Largo cinta: 50 m (164')
- Ancho cinta: 13 mm (1/2")
- Material carcasa: ABS
- Color: Amarillo

#### Ventajas

- Carcasa de alto impacto y alta visibilidad
- Gancho cero absoluto con extremo plegable resistente a la corrosión para las medidas exactas
- Precisión clase CEE II
- Cinta reforzada con fibra de vidrio para mediciones precisas

#### Embalaje

- Orientación:
- Restr. Transporte:
- Altura: 30
- Frente: 205
- Profundidad: 255

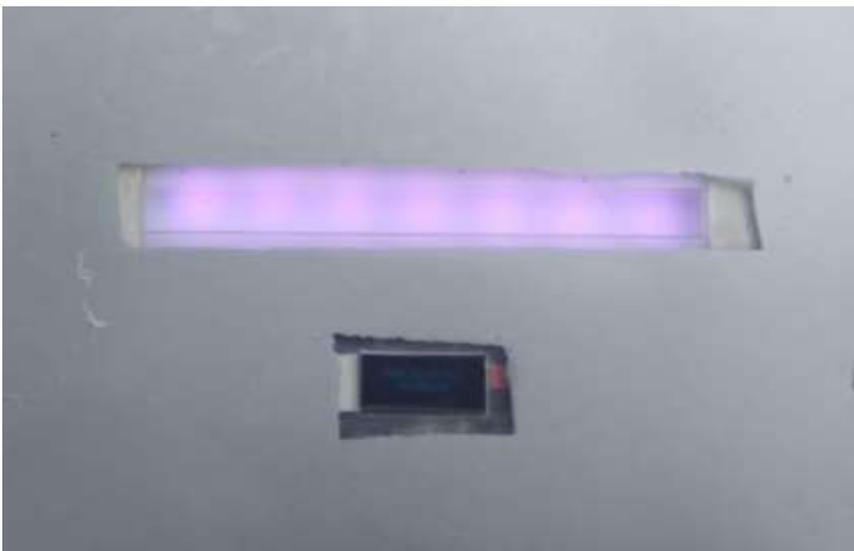
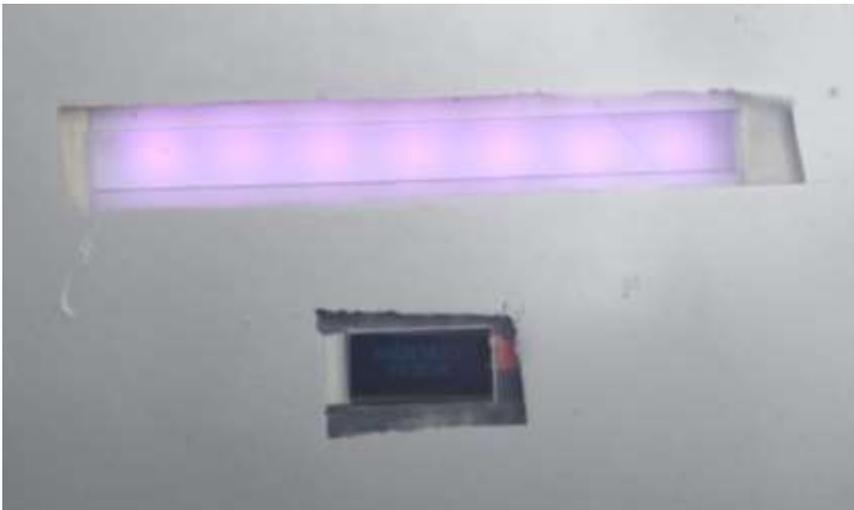
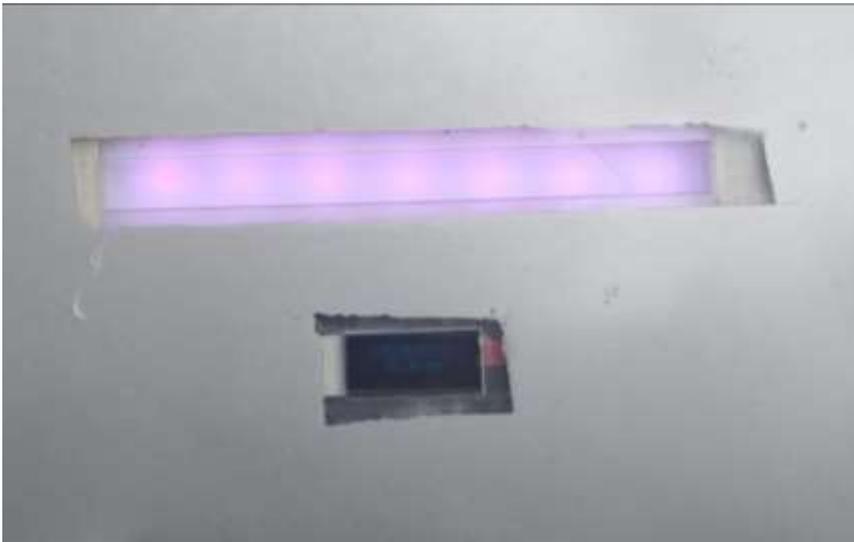
#### Garantía

[2296-E] PRODUCTO CONSUMIBLE, GARANTÍA 30 DÍAS. APLICA SOLAMENTE CONTRA DEFECTOS DE FABRICACIÓN. VER DETALLES AL DORSO DE LA FACTURA.

**ANEXO M:** Evidencia de la validación del microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)



**ANEXO N:** Evidencia de la validación del sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft











## ANEXO R: Prueba de usabilidad



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Centro de Educación Física

## CERTIFICADO

Riobamba, 16 de agosto del 2023

A quien corresponda, Yo Lic. ORLANDO DAVID MAZÓN MORENO con C.I. 0603367418, **Docente de Educación Física**, tengo a bien certificar que el proyecto técnico denominado **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO IOT APLICABLE A LA MEDICIÓN Y REGISTRO DE PARÁMETROS EN PRUEBAS DE VELOCIDAD EN EL ÁREA DE ATLETISMO**, elaborado por los señores Erick Alexander Silva Reyes y Rosa Delia Quito Tenelema de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ha sido sometido a pruebas y verificaciones que certifican su facilidad de uso y manejo intuitivo, además de ser una propuesta innovadora que cubre una necesidad significativa en el deporte institucional.

Se expide el presente documento a solicitud de los interesados, para los fines que crean conveniente.

ORLANDO DAVID MAZÓN MORENO  
C.I. 0603367418  
Docente de Educación Física  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo  
Riobamba, 16 de agosto del 2023

Atentamente,

Lic. Orlando David Mazón Moreno  
**DOCENTE**

## ANEXO S: Resultados de las pruebas a través de software IBM SPSS Statistics

- Validación del Prototipo

### Prueba T

[Conjunto\_de\_datos1] C:\Users\Ivan\Downloads\SaIimpi.sav

#### Estadísticos de grupo

	medidas	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
medidas tiempo	prototipo	30	8,5637	4,70467	,87538
	prototipo	30	8,7330	4,78614	,87383

#### Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
medidas tiempo	Se han asumido varianzas iguales	,001	,973	-,137	58	,892	-,16933	1,23698	-2,64521	2,30655
	No se han asumido varianzas iguales			-,137	58,000	,892	-,16933	1,23698	-2,64521	2,30655

- Validación del microsensor de rango LiDAR TF-Luna (ToF)

### Prueba T

[Conjunto\_de\_datos1] C:\Users\IDC\Desktop\tesis cronometro\diseno del prototipo\datos estadisticos\datosanalisisensor luna.sav

#### Estadísticos de grupo

	medidas de distancias	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
medidas de distancias	funcionamiento	9	5,0000	2,73961	,91387
	error	9	5,0222	2,74812	,91624

#### Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
medidas de distancias	Se han asumido varianzas iguales	,000	,989	-,017	16	,987	-,02222	1,29338	-2,76406	2,71962
	No se han asumido varianzas iguales			-,017	16,000	,987	-,02222	1,29338	-2,76406	2,71962

- Validación del sensor TF02-Pro Lidar Sensor 131.2 ft

## Prueba T

[Conjunto\_de\_datos1] C:\Users\IDC\Desktop\tesis cronometro\diseño del prototipo\datos estadisticos\datos analisis sensor pro.sav

### Estadísticos de grupo

	medidas de cronometro	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
medidas de distancia	floatmeter	9	21,0000	13,69306	4,56435
	sensor	9	21,0578	13,65210	4,55070

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	Inferior	Superior
medidas de distancia	Se han asumido varianzas iguales	,000	,990	-,009	16	,993	-,05738	6,44531	-13,72125	13,60570
	No se han asumido varianzas iguales			-,009	16,000	,993	-,05738	6,44532	-13,72126	13,60571

- Validación de integridad de información

## Prueba T

[Conjunto\_de\_datos1] C:\Users\IDC\Downloads\datos analisis integracion de datos.sav

### Estadísticos de grupo

	mediciones de datos	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
distancia total	enviado	5	10,0000	,00000 <sup>a</sup>	,00000
	recibido	5	10,0000	,00000 <sup>a</sup>	,00000
tiempo total	enviado	5	3,0340	,33471	,14969
	recibido	5	3,0340	,33471	,14969
velocidad total	enviado	5	3,3300	,36187	,16183
	recibido	5	3,3300	,36187	,16183
distancia media	enviado	5	5,0000	,00000 <sup>a</sup>	,00000
	recibido	5	5,0000	,00000 <sup>a</sup>	,00000
tiempo medio	enviado	5	1,7400	,27982	,12514
	recibido	5	1,7400	,27982	,12514
velocidad media	enviado	5	2,9440	,55743	,24929
	recibido	5	2,9440	,55743	,24929

a. No puede calcularse T porque las desviaciones típicas de ambos grupos son 0.

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias					95% Intervalo de confianza para la diferencia	
		F	Sig.	t	gl.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	Inferior	Superior
tiempo total	Se han asumido varianzas iguales	,000	1,000	,000	8	1,000	,00000	,21169	-,71030	,71030
	No se han asumido varianzas iguales			,000	8,000	1,000	,00000	,21169	-,71030	,71030
velocidad total	Se han asumido varianzas iguales	,000	1,000	,000	8	1,000	,00000	,23887	-,76794	,76794
	No se han asumido varianzas iguales			,000	8,000	1,000	,00000	,23887	-,76794	,76794
tiempo medio	Se han asumido varianzas iguales	,000	1,000	,000	8	1,000	,00000	,17697	-,59382	,59382
	No se han asumido varianzas iguales			,000	8,000	1,000	,00000	,17697	-,59382	,59382
velocidad media	Se han asumido varianzas iguales	,000	1,000	,000	8	1,000	,00000	,35255	-1,18294	1,18294
	No se han asumido varianzas iguales			,000	8,000	1,000	,00000	,35255	-1,18294	1,18294



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 23/ 11 / 2023

<b>INFORMACIÓN DE LOS AUTORES</b>	
<b>Nombres – Apellidos:</b>	Erick Alexander Silva Reyes Rosa Delia Quito Tenelema
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>	
<b>Facultad:</b>	Informática y Electrónica
<b>Carrera:</b>	Electrónica y Automatización
<b>Título a optar:</b>	Ingeniero/a en Electrónica y Automatización
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>	 ing. fernandina Arevalo M.



1792-DBRA-UPT-2023