

COMPARACIÓN DE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON
REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA
UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ



JHON ALEXANDER CORDOBA GIL

JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POPAYÁN 2019

COMPARACIÓN DE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON
REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA
UN CICLISTA CONTRARRELOJ



JHON ALEXANDER CORDOBA GIL

JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero en electrónica

Director:

M.Sc. JULIO ANDRÉS MOSQUERA BOLAÑOS

Codirector(a):

Mg(c). LUZ MARINA CHALAPUD NARVAEZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POPAYÁN 2019

Nota de Aceptación

En cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios se declara aprobado el siguiente trabajo de grado denominado “Comparación de un método de entrenamiento deportivo con realidad virtual y un método de entrenamiento tradicional para un ciclista de contrarreloj”, realizado por Jhon Alexander Cordoba Gil Y Juan Felipe Meneses Bolaños. Una vez revisado el escrito final y aprobada la sustentación del mismo, lo autorizan para que se realice los tramites correspondientes para optar po el titulo de Ingeniero Electronico.

Jurado:

Jurado:

Director:

Popayán, Abril de 2019.

Dedicatoria

- *Dedico este proyecto primeramente a Dios, ya que me permitió llegar hasta este punto y siempre estuvo apoyándome conforme avanzaba en mi camino, porque me brindó las capacidades intelectuales además de las virtudes necesarias para sobrellevar los deslices que se presentan en la vida.*

A mis padres por aguantarme durante todos estos años, por haberme apoyado durante toda mi carrera universitaria y por estar en los momentos más difíciles, a mi hermano por haberme brindado su apoyo y sus consejos cuando más los necesitaba, a mi sobrino por permitirme disfrutar de su compañía y sacarme tantas sonrisas, a mi cuñada por sus consejos y al resto de mis familiares que siempre han estado cuando los he necesitado.

Del mismo modo agradezco a todas esas personas que me apoyaron durante mi carrera universitaria y en el transcurso de esta investigación, ya que gracias a su ayuda estas metas fueron posibles, al ingeniero Julio Andrés Mosquera, a la profesora Luz Marina Chalapuf, al profesor Jhonatan Fernando Medina quienes ayudaron y depositaron su confianza en mí para que este proyecto se efectuará, finalmente quiero brindarle mis más sinceros agradecimientos a la escuela de ciclismo de Totoró ya que sin su ayuda esta investigación tal vez no se hubiera podido desarrollar.

Juan Felipe Meneses Bolaños.

- *Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerza para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.*

Dedico especialmente este trabajo a mis padres Clara Liliana Gil Villamarin y Miguel Andrés Córdoba por haberme proporcionado la mejor educación, por enseñarme que con esfuerzo, humildad, trabajo y constancia todo se consigue, a mi hermano Juan José Córdoba Gil a quien deseo servir de ejemplo e inspiración.

A todos mis tíos, tías, familiares, amigos y compañeros de clase por el apoyo brindado para alcanzar este nuevo triunfo, al ingeniero Julio Andrés Mosquera por depositar su confianza y acompañamiento durante este proceso formativo, a la profesora Luz Marina Chalapud por su dedicación y conocimientos, al profesor Jhonatan Fernando Medina y a los integrantes de la Escuela de ciclismo de Totoró sin los cuales no hubiera sido posible culminar de la mejor manera esta meta.

Jhon Alexander Cordoba Gil.

Tabla de Contenido

Lista de Figuras	VIII
Lista de Tablas	XIV
Resumen	XVII
Abstract	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMA	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
2. ESTADO DEL ARTE	6
2.1. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	6
2.1.1. ANALISIS DE DOCUMENTOS	7
2.1.2. ANÁLISIS COMPARATIVO Y DISCUSIÓN	9

3. REFERENCIAS CONCEPTUALES	11
3.1. REALIDAD VIRTUAL	11
3.1.1. TIPOS DE REALIDAD VIRTUAL	11
3.1.2. SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL	12
3.1.3. SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN EN LA RV	14
3.1.4. SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DE LA RV	15
3.1.5. CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA RV	17
3.2. SIMULADORES	19
3.2.1. SIMULACION	19
3.2.2. TIPOS DE SIMULADORES	20
3.3. CONCEPTOS DE PROGRAMACIÓN	22
3.3.1. PARADIGMAS DE PROGRAMACIÓN	22
3.3.2. TIPOS DE PARADIGMAS	22
3.3.3. OTROS CONCEPTOS ASOCIADOS A LA PROGRAMACIÓN	24
3.4. LA BICICLETA	27
3.4.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA BICICLETA	27
3.4.2. FUNCIONAMIENTO DE LA BICICLETA	28
3.5. CICLISMO	29
3.5.1. TIPOS O MODALIDADES DEL CICLISMO	30
3.5.2. CICLISMO CONTRARRELOJ	33
3.5.3. CONTRARRELOJ INDIVIDUAL (CRI)	34
3.5.4. CICLISMO BAJO TECHO O INDOOR (HIC)	34
3.6. ENTRENAMIENTO DEPORTIVO	35

3.6.1.	MÉTODOS Y MEDIOS DE ENTRENAMIENTO	36
3.6.2.	PRINCIPIOS DE ENTRENAMIENTO	37
3.6.3.	CUANTIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO	37
3.6.4.	PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO	38
3.6.5.	ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLAN DE ENTRENAMIENTO DE- PORTIVO	42
3.7.	CONTROL Y EVALUACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO	47
3.7.1.	RENDIMIENTO FÍSICO	47
3.7.2.	INDICADORES DE RENDIMIENTO DEPORTIVO	48
3.7.3.	ESTADISTICA APLICADA AL DEPORTE	50
4.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	52
4.1.	DISEÑO MECÁNICO	52
4.1.1.	RODILLO CICLO SIMULADOR	53
4.1.2.	PIEZAS 3D	54
4.2.	DISEÑO ELECTRONICO	55
4.2.1.	MONITOR RITMO CARDIACO AD8232	55
4.2.2.	MODULO SENSOR DE EFECTO HALL	58
4.2.3.	TARJETA ARDUINO AT MEGA 2560	59
4.2.4.	MÓDULO MICRO SD	60
4.2.5.	CICLOCOMPUTADORA SIGMA BC 23.26 STS	61
4.2.6.	GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL	62
4.2.7.	POTENCIÓMETRO	62
4.2.8.	IMPLEMETACIÓN	63

4.3. DISEÑO SOFTWARE	77
4.3.1. CONSTRUCCIÓN DEL ENTORNO DE RV	77
4.3.2. APLICATIVO SOFTWARE	104
4.4. IMPLEMENTACION GENERAL DEL PROTOTIPO	111
4.5. FICHA TÉCNICA DEL PROTOTIPO	112
5. PRUEBAS Y RESULTADOS	114
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN	114
5.1.1. MUESTRA:	114
5.1.2. PROTOCOLO PRUEBA 1: ENTRENAMIENTO TRADICIONAL . . .	115
5.1.3. PROTOCOLO PRUEBA 2: ENTRENAMIENTO CONTEMPORANEO CON RV	116
5.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	123
5.2.1. ANALISIS ESTADISTICO	123
5.2.2. ENCUESTA DE SATISFACIÓN	131
6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	133
6.1. TRABAJOS FUTUROS	134
Bibliografía	135
ANEXOS	147

Lista de Figuras

3.1. Monohebra.	25
3.2. Multihebra.	25
3.3. Elementos básicos de la bicicleta. Fuente [1]	28
3.4. Fuerzas que actúan en una bicicleta. Fuente [2]	29
3.5. Clasificación del ciclismo contrarreloj. Fuente propia.	33
3.6. Clasificación métodos de entrenamiento. Fuente propia.	36
3.7. Métodos de cuantificación de entrenamiento. Fuente propia.	38
3.8. Modelos de planificación tradicional.	39
3.9. Modelos de planificación contemporáneos.	41
3.10. Estructura de un plan de entrenamiento según el modelo de planificación.	42
3.11. Comportamiento de la carga según el modelo de planificación.	46
3.12. Factores de rendimiento físico.	48
4.1. Ciclo simulador Prodalca. Fuente propia.	53
4.2. Resultado final piezas 3D. Fuente propia.	54
4.3. Monitor cardíaco AD8232.	55
4.4. Electrodo descartable. Fuente [3].	56
4.5. Ubicación de electrodos dependiendo de su color. Fuente [3].	57

4.6. Cable jack de conexión a AD8232 y electrodos tipo broche. Fuente propia. . . .	57
4.7. Modulo sensor de efecto hall.	58
4.8. Arduino mega 2560.	59
4.9. Módulo Micro SD.	60
4.10. Características del módulo micro SD.	60
4.11. Ciclocomputadora sigma BC 23.16 sts y accesorios.	61
4.12. Gafas de RV. Fuente propia.	62
4.13. Potenciómetro de mando rotatorio de 10k ohmios.	63
4.14. Esquema Circuitual de la placa.	64
4.15. Diseño 3D de la placa.	64
4.16. Esquema de impresión de la placa.	65
4.17. Placa del circuito terminada.	65
4.18. Placa del circuito terminada.	66
4.19. Componentes de la señal ECG. Fuente [4].	67
4.20. Señal ECG: Detección de la onda R.	68
4.21. Fórmula para calcular la distancia.	69
4.22. Fórmula para calcular la velocidad angular.	69
4.23. Fórmula para calcular la velocidad lineal.	70
4.24. Apartado del código implementado en Matlab.	70
4.25. Posición del potenciómetro. Fuente propia.	71
4.26. Posición sensor de efecto hall velocidad. Fuente propia.	71
4.27. Posición sensor de efecto hall velocidad. Fuente propia.	72
4.28. Posición electrodos. Fuente propia.	72

4.29. Posición final del sensor.	73
4.30. Diagrama Bloques: Fases para la construcción del entorno de RV. Fuente propia.	77
4.31. Estructura para el logro de la mecánica del entorno RV. Fuente propia.	79
4.32. Fase de planificación.	81
4.33. Elementos del desarrollo del terreno.	87
4.34. Levantamiento del terreno. Fuente propia.	87
4.35. Terreno con las diferentes texturas. Fuente propia.	88
4.36. Árboles. Fuente propia.	88
4.37. Cascada, sistema de partículas. Fuente [5].	89
4.38. Modelo 3D de las rocas. Fuente [6].	89
4.39. Lago. Fuente propia.	90
4.40. Texturas realistas utilizadas en el terreno. Standars Assets Unity.	90
4.41. Carretera.	90
4.42. Resultado de la escena. Fuente propia.	91
4.43. Vista desde arriba de la escena. Fuente propia.	91
4.44. Modelo de la bicicleta. Fuente [7].	92
4.45. Materiales de la bicicleta 3D. Fuente propia.	93
4.46. Bicicleta 3D terminada. Fuente propia.	93
4.47. Vista del entorno desde el modelo 3D de la bicicleta. Fuente propia.	94
4.48. Menú de inicio. Fuente propia.	95
4.49. Pantalla de visualización de las variables. Fuente propia.	96
4.50. Script de movimiento de la bicicleta 3D. Fuente [8].	97
4.51. Menú del hilo en Unity. Fuente [9].	98

4.52. Diagrama de flujo mecánicas de movimiento. Fuente propia.	99
4.53. Visualización en pantalla de Unity vs el móvil utilizando GoogleVR.	103
4.54. Visualización ordenador vs Motorola G5.	103
4.55. GUI: Pantalla de inicio.	106
4.56. GUI: Pantalla cargar datos.	106
4.57. GUI: Pantalla cargar datos medidos.	107
4.58. GUI: Pantalla calcular datos.	107
4.59. GUI: Pantalla frecuencia cardiaca.	108
4.60. GUI: Pantalla distancia/velocidad.	108
4.61. GUI: Pantalla cadencia.	109
4.62. GUI: Pantalla todas las variables.	109
4.63. GUI: Pantalla gráficas.	110
4.64. GUI: Pantalla final.	110
4.65. Fases para la implementación del prototipo.	111
5.1. Competidor 1.	116
5.2. Competidor 2.	117
5.3. Terreno ruta 24 kilómetros.	118
5.4. Perfil del terreno ruta 24 kilómetros.	118
5.5. Terreno ruta 150 kilómetros.	119
5.6. Perfil del terreno ruta 150 kilómetros.	120
6.1. Pieza 1: Base potenciómetro.	147
6.2. Pieza 2: Base sensor efecto hall velocidad.	147
6.3. Pieza 3: Base sensor efecto hall cadencia.	148

6.4. Acceso a Player Settings.	149
6.5. Cambio de configuración.	150
6.6. Ventana para restaurar versión.	150
6.7. Pestaña inspector.	151
6.8. Pestaña Inspector, cambio de versión	151
6.9. Android Studio.	152
6.10. Pestaña SDK Manager.	152
6.11. Descarga e instalación del JDK de Java.	153
6.12. Pestaña Edit Preferences.	153
6.13. Pestaña Unity Preferences.	154
6.14. Pestaña Unity Preferences.	154
6.15. Verificación de herramientas instaladas.	155
6.16. Verificación puesta a punto comunicación móvil - computador.	155
6.17. Pestaña Build Settings.	156
6.18. Selección de Switch Plataforma.	157
6.19. Selección de Switch Plataforma.	157
6.20. Selección compatibilidad Android a partir de versión 4.1.	158
6.21. Enlazar el móvil con Unity.	158
6.22. Configuración detección del dispositivo móvil en Unity.	159
6.23. Pestaña editor Unity Remote.	159
6.24. Selección opción Any Android Device.	160
6.25. Pestaña Assets - Import Package.	160
6.26. Búsqueda de las herramientas de realidad virtual.	161

6.27. Ventana importar herramientas.	161
6.28. Subcarpeta Assets de Unity.	162
6.29. Selección y uso de herramientas de GoogleVR.	162
6.30. Diagrama UML de despliegue del aplicativo software. Fuente propia	163
6.31. Diagrama UML de caso de uso del aplicativo software. Fuente propia	164
6.32. Diagrama UML de secuencia del aplicativo software	165
6.33. Planificación entrenamiento contemporáneo con RV. Fuente propia	170
6.34. Planificacion gráfica de entrenamiento contemporano con RV	180

Lista de Tablas

2.1. Trabajos Relacionados	8
4.1. Características del rodillo trainer con regulador Prodalca.	54
4.2. Especificaciones monitor cardiaco AD8232.	56
4.3. Especificaciones de conexión del sensor de efecto hall.	58
4.4. Características tarjeta arduino mega 2560.	59
4.5. Resultados obtenidos variable velocidad.	74
4.6. Resultados obtenidos variable cadencia.	74
4.7. Resultados obtenidos variable frecuencia cardiaca.	75
4.8. Resultados obtenidos variable distancia.	75
4.9. Características del ordenador Lenovo. Fuente propia.	82
4.10. Ficha técnica del prototipo funcional.	112
4.11. Ficha técnica del prototipo funcional.	113
5.1. Características generales del competidor 1.	115
5.2. Características generales del competidor 2.	115
5.3. Segmentos del terreno ruta 24 kilómetros.	119
5.4. Segmentos del terreno ruta 150 kilómetros.	120
5.5. Escala RPE de Borg en relación con mecanismo de palanca en el rodillo.	121

5.6. Segmentos o repechos de cada ruta.	122
5.7. Caracterización del esfuerzo por cambios de las rutas.	123
5.8. Acrónimos de las variables.	125
5.9. Tabla de frecuencias pruebas de contrarreloj.	126
5.10. Tabla de frecuencias pruebas de contrarreloj.	126
5.11. Pruebas de normalidad.	127
5.12. Prueba t - Student para muestras relacionadas.	128
5.13. Pruebas iniciales-finales competidor 1.	130
5.14. Pruebas iniciales-finales competidor 2.	130
5.15. Resultados encuesta de satisfacción.	131
6.1. Microciclo: 1 - Entrenamiento tradicional.	171
6.2. Microciclo: 2 - Entrenamiento tradicional.	172
6.3. Microciclo: 3 - Entrenamiento tradicional.	173
6.4. Microciclo: 4 - Entrenamiento tradicional.	174
6.5. Microciclo: 5 - Entrenamiento tradicional.	175
6.6. Microciclo: 1 - Entrenamiento contemporáneo con RV	181
6.7. Microciclo: 2 - Entrenamiento contemporáneo con RV	182
6.8. Microciclo: 3 - Entrenamiento contemporáneo con RV	183
6.9. Microciclo: 4 - Entrenamiento contemporáneo con RV	184
6.10. Microciclo: 5 - Entrenamiento contemporáneo con RV	185

Lista de Acrónimos

RV: Realidad virtual.

FC: Frecuencia cardiaca.

RPE: Escala de esfuerzo percibido.

CRI: Contrarreloj individual.

UCI: Unión ciclística internacional.

ECG: Electrocardiograma.

GUI: Interface gráfica de usuario.

HIC: Health Indoor Cycling.

UI: User Interface.

POO: Programación orientada a objetos.

POE: Programación orientada a eventos.

SDK: Software Development Kit.

JDK: Java Development Kit.

IDE: Integrated Development Environment

IPC: Interprocess Communication.

PAC: Paradigmas asociados a la concurrencia.

IDE: Integrated Development Environment o entorno de desarrollo integrado.

GVR: Google Virtual Reality.

Resumen

En este trabajo, se realizó una comparación entre dos métodos de entrenamiento deportivo en el ciclismo de contrarreloj en la categoría sub 23, el primero tratado a partir de una metodología de entrenamiento tradicional y el segundo haciendo uso de la metodología de entrenamiento contemporáneo, el cual, está basado en el ciclismo indoor, y cuenta con las características de la tecnología de realidad virtual. Para desarrollar la investigación, se utilizaron dos dispositivos de medición; un ciclocomputador y un prototipo implementado. El ciclocomputador permite la visualización y adquisición de los datos de las variables medidas a través de la pantalla y los sensores con los que cuenta, respectivamente; por otra parte, el prototipo permite regular la carga física en las sesiones de entrenamiento mediante la utilización de un rodillo estático, utiliza unas gafas de realidad virtual, que en conjunto con un dispositivo móvil ofrecen la visualización de un entorno de realidad o mundo virtual referente al medio en el que compiten y entrenan los ciclistas; este dispositivo logra compilar los indicadores de algunas variables de rendimiento físico y fisiológico como son: la frecuencia cardiaca, la cadencia, la velocidad, el tiempo y la distancia, permitiendo cuantificar el avance en cada sesión de entrenamiento y realizando la gestión de sus resultados mediante el uso de un aplicativo software, con el fin de analizar y monitorear el avance del deportista durante el entrenamiento. Con la finalidad de validar el estudio llevado a cabo, se realizó un análisis estadístico y se aplicó un test de hipótesis (t - Student) para efectuar la comparación, por último, se establecieron las ventajas y desventajas que puede aportar la utilización de la tecnología de realidad virtual al entrenamiento deportivo en el ciclismo de contrarreloj individual.

Palabras claves: Realidad virtual, deportivo, ciclismo contrarreloj, contrarreloj individual, entorno de realidad virtual ciclismo indoor.

Abstract

In this work, a comparison was made between two methods of sports training in time trial cycling in the sub 23 category, the first one being treated with a traditional training methodology and the second one using the contemporary training methodology, which, is based on indoor cycling, and has the characteristics of virtual reality technology. To develop the research, two measuring devices were used; a cyclocomputer and a prototype implemented. The cyclocomputer allows the visualization and acquisition of the data of the variables measured through the screen and the sensors with which it counts, respectively; on the other hand, the prototype, allows to regulate the physical load in the training sessions by using a static roller, uses a virtual reality glasses, which together with a mobile device, offer the visualization of a reality or world environment virtual about the environment in which cyclists compete and train; This device manages to compile the indicators of some physical and physiological performance variables such as: heart rate, cadence, speed, time and distance, allowing to quantify the progress in each training session and managing their results through the use of a software application, in order to analyze and monitor the progress of the athlete during training. In order to validate the study carried out, a statistical analysis was carried out and a hypothesis test (t -Student) was applied to make the comparison, finally, the advantages and disadvantages that can be established, the use of Virtual reality technology to sports training, in individual time trial cycling.

Keywords: Virtual reality, sports, cycling against the clock, individual time trial, virtual reality indoor cycling environment.

INTRODUCCION

Los procesos de tipo investigativo aportan las bases conceptuales para la evolución y transformación de las herramientas tecnológicas que tienen como fin único generar contribuciones al bienestar de la humanidad; actualmente se puede detallar la influencia de la tecnología en todos los procesos del desarrollo social, entre las cuales se destacan el auge tecnológico en cuanto al desarrollo sistemas y dispositivos que aporten ventajas tangibles en los procesos deportivos. Algunos competidores y especialistas en el ciclismo no referencian el entrenamiento tradicional como modelos que se ajusten a los objetivos de mejoramiento integral de las capacidades deportivas, identificando diferentes inconveniencias que no permiten una gestión adecuado del estado de forma del deportista.

En vista de lo expuesto anteriormente, es un reto importante para los especialistas en el deporte disponer de todo tipo de herramientas que les permitan lograr una mejoría porcentual y continua en los procesos de entrenamiento deportivo; por lo cual en esta investigación se intenta abordar la inclusión de la tecnología de realidad virtual en los procesos de entrenamiento con la intencionalidad de plantear e identificar las ventajas y aportes que esta naciente tecnología puede aportar en los adelantos de rendimiento de los deportistas, delimitando la indagación en el entrenamiento de los deportistas de contrarreloj individual, aplicando un prototipo que permita realizar una planificación de entrenamiento para su posterior evaluación.

La presente monografía se compone de 6 capítulos los cuales abordan temas como: Capítulo 1 presentación del problema sujeto a investigación, capítulo 2 el estado del arte de la temática, capítulo 3 referentes conceptuales, capítulo 4 que describe el desarrollo hardware y software necesarios para la obtención del prototipo final, capítulo 5 sustenta las pruebas implementadas y los resultados obtenidos y capítulo 6 donde se plantean las conclusiones respectivas y trabajos futuros.

Capítulo 1

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad es común ver como la tecnología está influyendo en los diferentes ámbitos del desarrollo social[10], entre los cuales se destaca el deportivo[11], debido al interés que se ha venido desarrollando en cuanto a la creación de métodos de entrenamiento basados en simulación[2] apoyados en las tecnologías emergentes[12, 13, 14, 15]. Algunos deportistas no encuentran el entrenamiento tradicional como un método completo que logre un mejoramiento en las habilidades requeridas para desarrollar eficazmente un deporte, ya que identifican inconvenientes de tipo evaluativo y tecnológico; se aprecia que los entrenadores que evalúan el progreso del deportista en muchos casos no cuentan con las herramientas y capacitación adecuada que permita la realización comparativa del avance individual del deportista, puesto que se basan en la interpretación individual y empírica[15] de sus observaciones cuantitativas y cualitativas, creando incertidumbre en el beneficio en si del entrenamiento. Conforme avanza el tiempo se vienen creando nuevos métodos que permiten a los deportistas lograr un mejor desempeño para encontrar el nivel necesario para el desarrollo de la actividad deportiva de manera competitiva, por lo cual se ha despertado con mayor interés la inclusión de la tecnología en el desarrollo de deportes como el ciclismo[16]. Entre estas tecnologías emergentes y de interés en el ciclismo se encuentran los sistemas de realidad virtual (VR), definidos como una simulación que puede ser experimentada en tres dimensiones, proporcionando una experiencia interactiva completa en tiempo real con retroalimentación táctil, siendo su principal característica la capacidad de proveer una inmersión sensorial[17], los cuales se están incluyendo en diferentes áreas del conocimiento diferenciándose de los procesos convencionales[18, 19, 20]; según el área de trabajo se han ido adoptando estrategias que han servido de indagación y de aplicación al deporte en

general, evidenciándose así la aparición de tecnologías basadas en realidad virtual, formas alternas en vía de investigación que pretenden servir de complemento o variante en el entrenamiento del ciclista, entre los cuales se encuentran en auge los simuladores virtuales [21, 22, 23] y los medidores de potencia[24], estos últimos permiten registrar algunas de las variables necesarias para validar la eficacia y rendimiento del ciclista en su entrenamiento. Por lo previamente expuesto, es necesario analizar en qué medida la utilización de la tecnología y de los sistemas de RV, pueden incidir en el mejoramiento de las actividades deportivas que realizan los ciclistas a la hora de entrenar, generando el siguiente interrogante ¿Qué ventajas aporta un sistema de realidad virtual en el entrenamiento de un ciclista de contrarreloj?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha podido evidenciar como el deporte en Colombia ha ido ganando más notoriedad[25], ya que antes no era tan común ver que las prácticas deportivas causaran influencias tan significativas a nivel social; es así, como distintos trabajos de carácter investigativo han surgido, muchos de ellos encaminados al progreso del entrenamiento deportivo; cabe destacar que este concepto puede ser enfocado a distintas actividades que requieran de un esfuerzo físico, como las actividades deportivas de alto rendimiento[26], que demandan tiempo, destreza y mucha disciplina, debido a su complejidad; una de ellas es el ciclismo, el cual ha logrado causar un gran impacto no solo a nivel nacional sino también internacional en nuestra sociedad, de esta manera hoy en día el ciclismo Colombiano es reconocido a nivel mundial como uno de los mejores, tanto así que la Unión Ciclistica Internacional (UCI) consideró a Nairo Quintana como el segundo mejor ciclista del mundo después del Tour de Francia 2016, por delante del ciclista británico Christopher Froome y por debajo de Peter Sagan, del mismo modo los Colombianos Sergio Luis Henao y Esteban Chaves estuvieron entre los primeros 20 puestos en el ranking de posiciones; así mismo también sobresalen ciclistas como Miguel Ángel López quien ocupó el puesto 36 con 106 puntos en el mismo campeonato[27], este último se destaca por su gran destreza para afrontar las pruebas de contrarreloj, modalidad en la cual ha obtenido grandes victorias a nivel mundial; consiguiendo así, inspirar algunas investigaciones como se puede observar en un artículo publicado en el 2012, en el cual se nombraban distintos métodos para mejorar el desarrollo y la práctica de deportes (métodos para aumentar la resistencia y la fuerza)[28], donde cada autor presentaba su punto de vista según la disciplina en la que se especializaba. En este sentido, se entiende que actividades como el ciclismo, y haciendo énfasis en la modalidad de contrarreloj[29], dependen de la utilización de procesos que permitan a los deportistas mejorar su rendimiento, por lo que es preciso hablar de algunos aspectos y métodos

CAPÍTULO 1. PROBLEMA

tecnológicos ya existentes, que en la actualidad están utilizándose, entre ellos cabe resaltar los medidores de potencia, los simuladores, los pulsómetros, los túneles de viento y los sistemas de realidad virtual[30, 20, 31]; algunos de ellos utilizados para la obtención de datos precisos que han permitido evaluar el desarrollo del deportista; vale la pena señalar que herramientas como la realidad virtual hoy por hoy están siendo muy utilizadas, debido a su capacidad para integrar instrumentos y dispositivos[32], además, permite recrear simulaciones de ambientes virtuales basados en el mundo real y tiene aplicabilidad en distintas áreas del conocimiento[33], razones por las cuales resulta pertinente relacionar la realidad virtual con el ciclismo de contrarreloj, ya que al hacerlo se podría generar una estrategia que permita al deportista analizar de manera autónoma factores influyentes en su entrenamiento como la frecuencia cardiaca, la potencia, la fuerza de pedaleo, con lo cual podría evaluar su desempeño con más exactitud recopilando datos y visualizándolos ya que por lo general algunos entrenadores y deportistas analizan estos elementos de manera cualitativa y cuantitativa, razón por la cual carecen en muchos casos de exactitud a la hora de realizar la evaluación del entrenamiento deportivo. Dado lo mencionado anteriormente, la siguiente investigación se realizará con el fin de analizar, si la tecnología servirá para ayudar a mejorar el rendimiento de un ciclista en contrarreloj en su proceso de entrenamiento a través de métodos no convencionales como el de realidad virtual, de la misma manera por medio de este método el deportista podrá entrenar de manera individual desde su hogar, lo que le permitirá observar la evolución de algunas capacidades como la velocidad, la fuerza de pedaleo, el volumen, la frecuencia cardiaca, la intensidad, entre otras[34, 35]; parámetros que deberán ser analizados y monitoreados constantemente. Esta idea, pretende al mismo tiempo, satisfacer al usuario recreando un entorno estéticamente agradable, basado en simulaciones de mundos virtuales[36].

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Establecer las ventajas que aporta un método de entrenamiento a partir de realidad virtual para un ciclista de contrarreloj.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el entorno de realidad virtual para el entrenamiento de un ciclista de contrarreloj.
- Implementar la instrumentación que permita medir el desempeño del ciclista de carrera en el entorno de realidad virtual.
- Comparar un entrenamiento deportivo con realidad virtual y un entrenamiento convencional para un ciclista de contrarreloj.

Capítulo 2

ESTADO DEL ARTE

2.1. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Para la realización de un análisis exhaustivo y adecuado acerca de la manera como se ha venido tratando las investigaciones y desarrollos tecnológicos en este tema, se inició una búsqueda concienzuda para determinar cuáles son las tendencias existentes para el desarrollo de la temática, para lo cual se realizó un mapeo en bases de datos compilando los resultados más certeros, partiendo de frases investigativas y cadenas de búsqueda como: realidad virtual, realidad virtual aplicaciones, realidad virtual y resolución de problemas, entrenamiento en ciclismo, variables del ciclismo, realidad virtual y ciclismo, entre otras más; que fueron ingresadas en buscadores académicos como: Redalyc, Scielo, Dialnet, Science Research, Google Academic, Science Direct, IEEE Explore.

Para el desarrollo del estado del arte se basó en la búsqueda de las anteriores frases y cadenas de palabras orientadas a las siguientes temáticas:

- **¿Cómo se aplica la realidad virtual en la resolución de problemas?:** Dando respuesta a esta pregunta se pretende identificar las ventajas que aportan los sistemas en los cuales se aplica la realidad virtual como método en la resolución de problemas y cómo se aborda en las diferentes temáticas.

- **¿Qué estudios existentes involucran la realidad virtual y el deporte?:** Con esta pregunta se busca determinar la influencia de la realidad virtual en los temas deportivos especialmente en el ciclismo.
- **¿Cuáles son las herramientas tecnológicas existentes para el desarrollo de sistemas de realidad virtual?:** Respondiendo esta pregunta se pretende identificar qué y cuales herramientas permiten con facilidad la construcción de sistemas de realidad virtual.
- **¿Cuáles son los medios y métodos de entrenamiento en el ciclismo?:** Con esta pregunta se intenta conocer los métodos más utilizados para la construcción de una planificación de entrenamiento en el ciclismo, reconociendo los pasos adecuados que permitan determinar un plan de entrenamiento para el ciclista contrarreloj.
- **¿Cuáles son los métodos y variables de medición que determinan el rendimiento deportivo en el ciclismo?:** Con la indagación a esta pregunta se pretende identificar las distintas maneras de cuantificar el rendimiento deportivo en el ciclismo, analizando las variables que intervienen en los procesos de entrenamiento y competición de este deporte.

2.1.1. ANALISIS DE DOCUMENTOS

En la Tabla 2.1, se describe la información de referencia de los estudios más relevantes según los temas a abordar, recopilados en el estudio del estado del arte de la temática y previamente seleccionados de acuerdo a las necesidades de la investigación, los cuales se van a tener en cuenta como base bibliográfica en el transcurso de la investigación.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

	AUTOR	AÑO	TITULO	TIPO DE DOCUMENTO
1	R. M. Baños, C. Botella Arbona, C. Cerbiña, S. Quero	2001	TRATAMIENTO MEDIANTE LA REALIDAD VIRTUAL PARA LA FOBIA A VOLAR: ESTUDIO DE CASO	Artículo. Revista: Clínica y Salud. ISSN: 1130-5274.
2	Jorge E. Ortiz Triviño, Rodolfo Cipagauta	2006	MUSEO VIRTUAL EL ARTE	Artículo. Revista: Ingeniería e Investigación
3	Daniel Zapatero Guillén.	2011	LA REALIDAD VIRTUAL COMO RECURSO Y HERRAMIENTA ÚTIL PARA LA DOCENCIA Y LA INVESTIGACIÓN	Artículo. Revista: Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología.
4	Fabrizio Muri, Celina Carbajal, Elisa Pérez, Hugo Fernández, Ana Echenique, Natalia López.	2013	DISEÑO DE UN SISTEMA DE REHABILITACIÓN PARA MIEMBRO SUPERIOR EN ENTORNO DE REALIDAD VIRTUAL	Artículo. Revista: Ingeniería Biomédica. ISSN: 1909-9762
5	Alfonso Martín Erro, María del Mar Espinosa, Manuel Domínguez.	2014	APLICACIONES INDUSTRIALES EN ENTORNOS DE REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA	Artículo. Universidad Nacional de Educación a Distancia
6	Lena Y. Moreno, Anny Bautista, Laura C. Fonseca, Jorge Ribeiro.	2013	INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DEL JUEGO DE TENNIS EN REALIDAD VIRTUAL SOBRE LOS PATRONES MANIPULADOS EN NIÑOS DE 7 AÑOS	Artículo. Revista: Movimiento Científico, Universidad Manuela Beltrán. ISSN: 2011-7191
7	Richard Kulpa, Franck Multon, Ferran Argelaguet.	2015	VIRTUAL REALITY AND SPORT	Conferencia. 33rd International Conference on Biomechanics in Sports, Poitiers. ISSN: 1999-4168.
8	Alexandra Covaci, Cristian C. Postelnicu, Alina Ninett Panfir, Doru Talaba.	2012	A VIRTUAL REALITY SIMULATOR FOR BASKETBALL FREE-THROW SKILLS DEVELOPMENT	Libro: Conferencia de Doctorado Sobre Computación, Sistemas Eléctricos e Industriales
9	Doug A. Bowman, Chair D. Gracani, Thomas H. Ollendick	2013	VIRTUAL REALITY FOR SPORT TRAINING	Tesis de Master. Instituto Politécnico de Virginia y Universidad Estatal Virginia.
10	Simin Li, Jinhai Sun.	2009	APPLICATION OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN THE FIELD OF SPORT	Artículo. Libro: Education Technology and Computer Science, 2009. Publicado: IEEE.
11	Luis E. Corredor, Andrés L. Moreno.	2010	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CICLO ENTRENADOR MEDIANTE UN ENTORNO VIRTUAL	Trabajo de Grado. Universidad Militar Nueva Granada.
12	Aldo Borello Téllez, David Rangel, Estefanía Vargas.	2016	SISTEMA HÁPTICO DE ENTRENAMIENTO PARA CICLISMO (SHEC)	Trabajo de Grado. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Computo, México.
13	Geert de Leeuw, Joost de Kruijf.	2015	THE ACT OF (FUTURE) CYCLING: TESTING URBAN DESIGN AND CONDUCTING RESEARCH IN VIRTUAL REALITY	Artículo. Libro: European Transport Conference; Association for European Transport: Frankfurt, Germany; Pag 1-15
14	Chieh Yin, Ya-Hsin Hsueh, Chun-Yu Yeh, Hsin-Chang Lo, Yi-Thing La.	2016	A VIRTUAL REALITY CYCLING TRAINING SYSTEM FOR LOWER LIMB BALANCE IMPROVEMENT	Artículo. Revista: BioMed research International. Editorial: Hindawi
15	Norihiro Sugita, Yoshihisa Kojima, Makoto Yoshizawa, Akira Tanaka, Makoto Abe, Noriyasu Homma, Kazunori Seki, Nobuyasu Handa.	2012	DEVELOPMENT OF A VIRTUAL REALITY SYSTEM TO EVALUATE SKILLS NEEDED TO DRIVE A CYCLING WHEEL CHAIR	Artículo. 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Editorial: IEEE
16	Marco Antonio Ríos Zorilla	2013	ANÁLISIS, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN PLAN DE ENTRENAMIENTO SOBRE BICICLETAS ESTÁTICAS "S.B.E."	Tesis Magister. Universidad Nacional de la Plata- Facultad de Humanidad y Ciencias de la Educación.
17	Pedro Julián Flores Moreno, José E. del Río Valdivia, Jesús A. Rubio Servín.	2015	EL ENTRENAMIENTO DEL CICLISTA DE RUTA AMATEUR	Libro. Editorial: Universidad de Colima, México. ISBN: 798-607-8356-48-5
18	Dr. Abel Martínez Molina.	2016	BIOMECÁNICA Y RENDIMIENTO DEL PEDALEO SOBRE UNA BICICLETA	Tesis Magister. Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales España
19	Manuel Vinuesa Lope, Ignacio Vinuesa Jiménez.	2016	CONCEPTOS Y MÉTODOS PARA EL ENTRENAMIENTO FÍSICO	Libro. Editorial: Ministerio de Defensa de España. ISBN: 978-84-9091-162-4.
20	José Rafael Padilla A.	2017	PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO: UN ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA CLÁSICA	Libro. Editorial: Episteme. ISBN: 978-980-6617-04-9.

Tabla 2.1: Trabajos Relacionados

2.1.2. ANÁLISIS COMPARATIVO Y DISCUSIÓN

Para la construcción de la tabla 2.1, fue necesario el análisis comparativo de cada uno de los enfoques abordados en las investigaciones seleccionadas a partir del planteamiento de preguntas que generen respuestas congruentes y afines con los objetivos de la investigación teniendo como fin último encontrar bases bibliográficas que acompañen el desarrollo y sustentación de la misma; a continuación se relatan, comparan y analizan los aportes más representativos de los documentos distinguidos y elegidos que se ajustan a las preguntas investigativas planteadas.

Inicialmente en documentos investigativos como [37], se expone la utilidad de los sistemas de realidad virtual (RV) para la resolución de problemas abordando el tratamiento de la fobia a volar donde las intervenciones psicológicas para este problema basadas en la terapia de la exposición han demostrado tener eficacia, el estudio concluye que la RV ayuda a superar estas dificultades ya que permite recrear diferentes ambientes en los que la persona puede interactuar con sus miedos como también en la investigación que se titula *“Influencia de la práctica del juego de tenis en realidad virtual sobre los patrones manipulativos en niños de 7 años”* [38], donde mediante el estudio de un videojuego de tenis con RV se concluye que este tipo de tecnología genera un impacto significativo en los patrones manipulativos de atajar y arrojar potencializando el desarrollo de los patrones en los niños. Otras ventajas que aporta la tecnología de la RV se identifican en estudios como *“Diseño de un sistema de rehabilitación para miembro superior en entorno de realidad virtual”* [19] en el cual se diseña y se desarrolla un sistema capaz de adquirir señales electromiografías y procesarlas en una computadora personal para ser usadas como control de un objeto de RV que representa el miembro superior, arrojando resultados positivos y ventajosos en términos de generación de dispositivos con RV para la rehabilitación de discapacidades y enfermedades, confirmando esta ventaja también en estudios como *“A virtual Reality-Cycling training system for lower limb balance improvement”* [39]; también se identifica que la tecnología de RV ha cosechado numerosos progresos en sectores como el ocio, simulación, la enseñanza, el ámbito industrial entre otros, evidenciados en investigaciones como *“Aplicaciones industriales de entornos de realidad virtual y realidad aumentada”* [40], *“La realidad virtual como recurso y herramienta útil para la docencia y la investigación”* [41], *“Un museo virtual del arte”* [42]. Los anteriores estudios mencionados evidencian algunas de las ventajas que aporta el uso de la RV en la resolución de problemas y como se aborda en otras temáticas. La investigación *“A virtual reality simulator for basketball free-throw skills development”* [43], implementa un acelerador de baloncesto virtual como un sistema de entrenamiento de baloncesto en base a un simulador con el objetivo de ayudar a los jugadores de baloncesto a practicar los tiros libres, el estudio concluye que el sistema puede ser utilizado en jugadores principiantes calificándolo como interesante y estimulante para el aprendizaje, además recomiendan el

uso de una retroalimentación háptica para aumentar la realidad provista por el sistema; en el documento *“The act of (future) cycling: Testing urban designs and conducting research in virtual reality”* [44] se busca a través del ciclismo modos alternativos de transporte usando la RV como posibilidad de cambiar el enfoque de diseño de ciudades, obteniendo un entorno seguro y controlado que permiten a los investigadores exponer a los encuestados a diferentes escenarios contextuales mientras lo monitorean, lo cuestionan o lo analizan. En *“Virtual reality and sport”* [45], los autores inicialmente indagan sobre las características de la RV, posteriormente exponen una revisión de los sistemas de inmersión disponibles y finalmente se desarrolla un experimento el cual busca analizar el acoplamiento de percepción - acción en el fútbol con oponentes virtuales simulados, que permitan analizar la toma de decisiones de un verdadero portero, aportando este documento, información que permite comprobar el uso de la RV en el ámbito deportivo confirmado en otras investigaciones como *“Diseño e implementación de un ciclo-entrenador mediante un entorno virtual”* [2], *“Application of virtual reality technology in the field of sport”* [46] en el cual discuten las técnicas de visualización tridimensional en el campo del deporte y *“Development of a virtual reality system to evaluate skills needed to drive a cycling wheel-chair”* [47] donde a través de una silla de ruedas para ciclismo, proporcionan deporte y ejercicio físico incluyendo pacientes con dificultades para caminar. Por otro lado, el ciclismo como deporte presenta diferentes características en cuanto a planificación de entrenamiento y a métodos que determinen el rendimiento en la práctica del mismo, en documentos como *“Biomecánica y rendimiento de pedaleo sobre una bicicleta”* [48], *“Conceptos y métodos para el entrenamiento físico”* [49], *“Entrenamiento del ciclista de ruta amateur”* [50], *“Planificación de entrenamiento deportivo: Un enfoque metodológico de la estructura clásica”* [51], se destaca la conceptualización del entrenamiento en el ciclismo, aportando estos documentos elementos para la construcción de una planificación de entrenamiento deportivo además de indicar los métodos y variables que determinan la existencia de rendimiento deportivo en el ciclista, además de la investigación *“Análisis, desarrollo y evaluación de un plan de entrenamiento sobre bicicletas estáticas E.S.B.E”* [52] que estudia las incidencias del entrenamiento de ciclismo a partir de una bicicleta estática, aportando conocimientos y conceptos en el entrenamiento de ciclismo indoor. Teniendo en cuenta la literatura consultada, se puede evidenciar que existen diferentes investigaciones en las cuales se analiza el uso de la tecnología de la realidad virtual en la resolución de diversos problemas en distintas temáticas, además se observa el uso de la RV como tecnología que sirve de apoyo para el entrenamiento de diferentes deportes buscando potencializar las capacidades físicas y técnicas de los deportistas en su disciplina; también la literatura examinada permite familiarizar y conocer la teoría que está involucrada en el proceso de planificación y análisis de entrenamiento en el ciclismo.

Capítulo 3

REFERENCIAS CONCEPTUALES

3.1. REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual (RV) se puede definir como una interacción con estímulos digitales generados que responde a un mundo que contiene objetos y opera con base en las reglas que varían en flexibilidad[53]. Es fundamentalmente una simulación computarizada de la realidad, siendo su principal característica la capacidad de proveer una inmersión sensorial[54], la RV puede ser vista como un importante elemento que integrado con herramientas de visualización y análisis, permite vincular la realidad física con una realidad artificial[55], además, comprende la interface hombre – máquina (human-machine) que permite al usuario sumergirse en una simulación gráfica 3D generada por ordenador, y navegar e interactuar en ella desde una perspectiva centrada en el usuario, pretendiendo que este sustituya la realidad física por un entorno ficticio generado por ordenador[56], siendo capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente[57]. Las 3 características fundamentales que definen la RV frente a otras animaciones 3D tradicionales son: posibilidad de tiempo real[56] (que se refiere a que la computadora es capaz de detectar los estímulos de entrada internos o externos y modificar e interactuar las características del mundo virtual de forma inmediata[55], inmersión e interacción[56].

3.1.1. TIPOS DE REALIDAD VIRTUAL

Esencialmente existen dos tipos de realidad virtual: realidad virtual inmersiva y la no inmersiva. La RV inmersiva, utiliza un ambiente tridimensional creado por el computador, donde el participante expuesto se sumerge completamente en la simulación haciendo uso de los dispositivos de

hardware especializados[57] (casco, guantes, cables, sensores, etc.), la RV inmersiva, trata de utilizar la mayor cantidad de sentidos para crear la sensación de inmersión[53], es decir, utiliza herramientas y dispositivos con los cuales se pueda interactuar dentro del entorno virtual con el objetivo que el usuario se sienta sumergido en el sistema. La RV no inmersiva, utiliza dispositivos de proyección para visualizar el entorno o mundo virtual, esta realidad ofrece un mundo totalmente nuevo a través de una ventana de escritorio en un computador, en un teléfono, etc.,[53], en este tipo de realidad virtual no se usan dispositivos hardware especializados para vincular los sentidos con el mundo virtual, lo cual no permite al participante tener inmersión ni interactuar con el entorno a través de sus sentidos.

3.1.2. SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL

Un sistema de RV está sub compuesto de muchos otros sistemas, apoyados en fundamentos básicos de hardware, software y electrónica; se tratan de sistemas independientes, desarrollados para producir efectos visuales, auditivos y táctiles que son utilizados como entornos virtuales[58], cada uno de estos subsistemas refuerza un aspecto de la ilusión del usuario durante su inmersión en el entorno virtual[54]. Dentro de estos sistemas cuando se simula el entorno virtual, la información recibida del escenario virtual debe de ser muy semejante a la percibida en la vida cotidiana para conseguir que un usuario olvide que un entorno no es real, un sistema de realidad virtual se basa en tres pilares interacción, inmersión e imaginación[59], en consecuencia, un sistema de realidad virtual tiene como deber, aportar un tipo de interfaz gráfica multimodal (múltiples modalidades sensoriales de interacción), con características que le permitan tener la capacidad de recibir y enviar información a partir de los canales sensoriales.

A partir de la complejidad de su sistema hardware, la naturaleza de los ambientes o entornos tridimensionales y el nivel de interacción e inmersión del usuario con el sistema de RV se pueden diferenciar algunos tipos:

- **Sistema de RV de Escritorio (*Desktop systems or Window on a World, WOW*):** Son los sistemas de RV más comunes que existen, son sistemas que utilizan un computador y un monitor convencional, para mostrar el mundo virtual requiere que las gráficas vistas en el monitor sean lo más parecido a la realidad y que los objetos en ella representados actúen con el mayor realismo posible[53].
- **Sistemas de RV en Segunda Persona:** En este tipo de RV una imagen en movimiento del usuario es proyectada junto con otras imágenes en una extensa pantalla donde el

usuario puede verse a sí mismo como si estuviese en la escena, el usuario observa la interacción de su cuerpo con el mundo virtual en tiempo real con otros usuarios o con imágenes gráficas generadas por computador[53], es decir, el usuario es un integrante visible del mundo virtual porque ve la proyección de su imagen en un fondo o ambiente[56].

- **Sistemas de RV Semi – Inmersivos:** Intenta proporcionar a los usuarios una sensación de estar inmersos ligeramente en un entorno virtual; se realiza en general mediante diferentes tipos de software y a través de pantallas estereoscópicas[60]
- **Sistemas de RV Inmersivos:** Son los sistemas más conocidos y de mayor investigación, permiten que el usuario pueda sentirse sumergido en el interior del mundo virtual[53], a través de la utilización de sistemas visuales que a su vez contienen sensores de posición y movimientos acompañados de elementos hardware (dispositivos electrónicos o mecánicos), que le permiten al usuario entrar en la atmosfera de lo virtual y formar parte de ella. Los sistemas inmersivos, son considerados la mejor opción para transmitir información multisensorial, incluyendo la capacidad de aislar casi por completo la interferencia que pudiera proveer el mundo exterior y permitir de este modo al usuario enfocarse por completo en la información que le ofrece el entorno virtual[60].
- **Sistemas de RV de Proyección:** En este tipo de sistema el usuario utiliza el ambiente virtual a través de monitores o paredes de proyección, a partir de una disposición adecuada, cuanto mayor el número de paredes de proyección mayor la sensación de inmersión para el usuario, las CAVES son ejemplos de tales dispositivos, en sistemas de proyección la navegación puede ser controlada o no por el usuario[33].
- **Sistemas de RV de Simulación:** Fue el primer tipo de sistema de RV, surgiendo a mediados de la década de los 60 en simuladores de vuelo, este tipo de sistema consiste en un usuario, una interface hombre-máquina y un computador, el usuario utiliza esta interface para interactuar con el ambiente virtual a través de señales de control y percepción[2].
- **Sistemas de RV Múltiples:** Este sistema combina estímulos visuales, auditivos, táctiles, de movimientos, con aplicaciones de inteligencia artificial y percepción que hace que el mundo sea casi real[53].
- **Sistemas de RV de Pecera:** Este tipo de sistemas combina un monitor de despliegue estereoscópico utilizando lentes LCD con obturador acoplados a un rastreador de cabeza mecánico, el sistema resultante a la simple combinación del sistema de escritorio, debido a los efectos de movimientos introducidos[53].

- **Sistemas de RV de Tele Presencia:** En sistemas de Tele presencia, el usuario, localizado en un ambiente virtual remoto, tiene la sensación de estar físicamente presente en el ambiente real, en un sistema de tele presencia la interface actúa sobre el dispositivo que ira a actuar sobre el mundo real[2].

3.1.3. SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN EN LA RV

Existe una variedad de sistemas de visualización para la RV, donde, predomina la participación de dispositivos de proyección o pantallas y su escogencia depende de su apropiado uso, ya que esta suministra gran parte de la experiencia de inmersión; estos exponen los estímulos visuales, es decir, proyectan al usuario los elementos o imágenes generados a través de una aplicación, un software o alguna tarjeta gráfica. Se tienen como características globales de los sistemas de visualización el aislamiento de usuario y el número de usuarios (multiusuarios o monousuario), entre los fundamentales sistemas de visualización de la RV se tienen:

- **Sistemas de Monitores:** Presentes en sistemas de RV de escritorio, actualmente se desarrollan monitores que no precisan la utilización de gafas[53], son de tipo estáticos, pocos componentes, bajo costo, fácil instalación, con dispositivos de interacción disponibles, pero con campos de visión y de mirada limitados, siendo poco inmersivos[61],
- **Sistemas de Proyección:** En estos tipos de sistemas habitualmente solo un usuario es quien dirige y puede interactuar, los proyectores pueden usar diferentes tecnologías, aunque actualmente existen dos tecnologías liderando el mercado: LCD (*Liquid Crystal Display*) y DLP (*Digital Light Processing*)[53], como características se tienen que son estáticos pocos componentes, alto coste, difícil instalación, dispositivos de interacción disponibles, campo de mirada limitado y poco inmersivos[61],
- **Sistemas de Cascos o HMD:** Los cascos o HMD (*Headmounted displays*) son los sistemas de visualización más asociados a la RV, están fundamentados en un casco o en unas gafas que están dotados de unas pequeñas pantallas que se sitúan delante de cada ojo, usualmente los cascos se utilizan en combinación con algún sensor de orientación (y a veces de posición), lo que aporta la potencia de interfaz de visualización ya que gracias al sensor de orientación del usuario se puede explorar el entorno virtual a todo su alrededor con solo girar la cabeza. Las principales características a tener en cuenta cuando se quiere utilizar un casco en una aplicación son el rango de visión o ángulo de apertura, definición y resolución, distorsión, robustez, peso y equilibrio estereoscopia, higiene, facilidad de uso[53], entre otras más.

- **Sistemas CAVE:** El término cueva o CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) utilizado por primera vez en “*The Cave, Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment*” desarrollado por Carolina Cruz Neira, como resultado de su tesis doctoral, del laboratorio de visualización electrónica (EVL) de la universidad de Illinois-Chicago (UIC), fue uno de los sistemas de visualización que consiguen cambiar el tópico del casco en la aplicaciones de RV, a la CAVE se le cataloga como un entorno de RV inmersiva, también considerados como entornos multipersona de alta resolución con video 3D y audio, ajustados a un espacio determinado, para producir sensación de inmersión en sistemas grupales se utiliza instalaciones proyectivas, rastreadores de posición y gafas estereoscópicas[61].

3.1.4. SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DE LA RV

Son muchas las aplicaciones y el software que se puede encontrar actualmente para el desarrollo de sistemas de RV, que tienen como principal característica el diseño de imágenes y gráficos 3D o 2D, ofreciendo un conjunto de herramientas integradas entre sí[62]; el uso de estos entornos de desarrollo avanzados y profesionales, permiten economizar el tiempo de desarrollo y flexibilizar su uso en diferentes plataformas. En los últimos años a partir del avance de las investigaciones en sistemas de RV, se ha podido presenciar la liberación de este tipo de entornos pasa su utilización gratuita, favoreciendo así creaciones independientes gracias a su fácil acceso; entre este tipo de software existen características comunes, a continuación se presentan algunos de los softwares más utilizados.

- **AUTODESK MAYA:**

Autodesk Maya es un programa informático dedicado al desarrollo de gráficos en 3D, efectos especiales y animación[2], surge de la evolución y fusión del código de las herramientas “*Power Animator y The Advance Visualizer*”, la nueva empresa es absorbida por Autodesk; es un software propietario muy utilizado para la animación 3D, renderización, modelado, simulación de fluidos, simulación de otros elementos, composición y rastreo de movimiento; es una herramienta completa que da posibilidades de personalización de herramientas e interfaz y trabaja en cualquier tipo de superficie como paramétricas, polígonos y subdivisión de superficies, el lenguaje que usa es “*Embedded Language*” conocido como MEL, que permite la creación de scripts y personalizar el paquete[63].

- **BLENDER:**

Blender es un software completamente integrado multi-plataformas para la creación de gráficos 3D, permitiendo el modelado, la animación presentación, 3D interactivo en tiempo

real, además de la creación y reproducción de videojuegos, todo esto presente en un paquete fácil de descargar y gratis; es open source, completamente libre para utilizar y distribuir en ambientes educativos, profesionales o comerciales y está disponible para las plataformas: Windows, Linux, Irix, Sun Solaris, FreeBSD ó Mac OS X[2]. Blender al inicio se hizo como una aplicación multiplataforma integrada para la creación, modelado y animación de un diverso rango de contenido 2D y 3D, cuenta con un motor interno de juegos 3D en tiempo real, para la creación de contenido interactivo en reproducción independiente[63].

- **3D ESTUDIO MAX:**

Autodesk 3D Max es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk, es uno de los programas de animación 3D más utilizados, dispone de una sólida capacidad de edición, una omnipresente arquitectura de plugins y una larga tradición en plataformas Microsoft Windows, es utilizado en mayor medida por los desarrolladores de videojuegos, aunque también en el desarrollo de proyectos de animación como películas y anuncios de televisión, efectos especiales y arquitectura[2].

- **UNITY 3D:**

Unity es un entorno de videojuegos multiplataforma desarrollado por la empresa Unity Technologies en 2004, pensado sobre todo para el desarrollo de videojuegos para PC, Unity está disponible para plataformas Windows, OS X, Linux, PlayStation 4[62], entre muchos más; sus lenguajes de programación principales son UnityScript, C y Boo. Su salida inicial fue el fruto del fracaso de la empresa en el desarrollo de un videojuego llamado GooBall con el que crearon potentes herramientas que más tarde abrirían el uso de aquellos, el objetivo era, democratizar el desarrollo de los videojuegos, permitiendo que tanto grandes como pequeñas empresas pudieran llevarlo a cabo con éxito, se trata de un entorno amigable para varios perfiles dentro de un equipo de desarrollo, siendo este uno de sus puntos fuertes, motivo por el cual alcanzó tanta popularidad[62]. Unity tiene muchas ventajas en comparación con otros motores de desarrollo como poder compilar el mismo proyecto en varias plataformas o su sencilla interfaz de fácil manejo, sin embargo, las características que más destacan son la gran documentación (tanto como en inglés como en español) para distintos lenguajes de programación, la comunidad de Unity (donde se puede obtener ayuda y analizar soluciones con usuarios experimentados), los Assets (paquetes de funcionalidades) y los SDK; que hacen de Unity 3D una de las plataformas más utilizadas y potentes en la actualidad a la hora de desarrollar videojuegos y cada vez más en el ámbito específico de Android[64]. Unity posee cuatro herramientas de ayuda como los son: foros (debates y charlas de la comunidad Unity), answers (herramientas de

preguntas y respuestas en relación con Unity), Issue Tracker (herramienta para obtener información acerca de errores) y Feedback (opiniones de deseos futuros para incluir en versiones futuras), también ofrece a sus usuarios una variedad de modelos de funciones que están delimitadas en función de los ingresos y las necesidades que pueda tener la empresa que lo requiera, existe Unity Personal de gratuidad para empresas o personas que no cuenten con elevados recursos.

3.1.5. CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA RV

La realidad virtual como tecnología emergente e innovadora ha despertado gran auge por su investigación y su uso en variedad de campos, a continuación se presenta algunas aplicabilidades que se le pueden dar a estos sistemas además se citan algunas investigaciones que permiten sobresaltar las ventajas que estos aportan en diferentes áreas del conocimiento. Empecemos por el campo del entretenimiento, donde la RV encuentra un gran desenvolvimiento, centrándose en el desarrollo de videojuegos y aplicaciones interactivas, sin embargo no se puede dejar de mencionar su aplicabilidad en el campo cinematográfico, en las aplicaciones móviles, entre otras formas de entretenimiento en la sociedad; la posibilidad de inmersión en este sistema es una gran ventaja pues despierta el interés por vivir nuevas experiencias interactivas, como algunos ejemplos se pueden tomar desarrollos como la transmisión en vivo del concierto “*A Head Full of Dreams Tour*” de la banda Coldplay que se realizó a partir de las gafas Gear VR desde la aplicación Samsung VR[65]; los videojuegos no se quedan atrás, uno de los desarrollos con mayor auge han sido las gafas PlayStation VR (PSVR) disponible para la consola PlayStation4, presentando videojuegos como *Mechanized Combat*, *PlayStation VR Worlds*, *Until Dawn* *Rush of Blood*, entre otros. En la educación, los sistemas de RV toman presencia como métodos interactivos para la enseñanza y aprendizaje aprovechando las características de inmersión de estos sistemas, en investigaciones como la que titula “*Cuando y Como Usar la Realidad Virtual en la Enseñanza*” donde se propone una guía que oriente al educador a decidir cuándo usar la tecnología de la RV y como relacionarla con la tecnología educacional [66], ratificada también en investigaciones como “*La realidad virtual como recurso y herramienta útil para la docencia y la investigación*”[41]; la RV también se involucra con usos terapéuticos, donde esta tecnología permite a los profesionales en el área tratar diferentes fobias, además de incursionar a la RV como método en tratamientos psicológicos, terapias a trastornos, entre otros. Por ejemplo en la investigación “*Realidad Virtual y Tratamientos Psicológicos*” se estudia la posibilidad de determinar la eficacia de la RV como herramienta para un tratamiento psicológico [67], otros ejemplos de la aplicación de la RV en este campo se denotan en investigaciones como “*Terapia de Exposición Mediante Realidad Virtual e Internet en el Trastorno de Ansiedad/Fobia Social:*

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

Una Revisión Cualitativa [68], *“Tratamiento mediante Realidad Virtual para la Fobia Volar: un Estudio de Caso”* [37], entre muchos otros más que permiten referenciar la importancia que se le están dando a este tipo de sistemas, pues estos permiten un control total del entorno virtual usado, permitiendo a los profesionales en este tema manejar lo que pasa en el mundo virtual exponiendo al usuario a los eventos necesarios para superar en un ambiente controlado la enfermedad psicológica.

En el campo de la medicina, se hace uso de investigaciones y aplicaciones de RV utilizando generalmente la construcción de pacientes virtuales en los cuales se puedan simular procedimientos médicos de carácter riesgoso, además de cirugías, exámenes y demás, que ayuden a proporcionar algún tipo de diagnóstico de enfermedades, en otros casos se combina con la educación usando este tipo de sistemas de RV para la enseñanza médica, en la literatura, se pueden encontrar aplicaciones de sistemas de RV en la medicina como *“Diseño de un Sistema de Rehabilitación para Miembro Superior en entorno de Realidad Virtual”* [19], también investigaciones como *“Aplicación de Nuevas Tecnologías de la Información en la Enseñanza de la Medicina”* [69], entre muchos proyectos más que involucran esta tecnología, llegando así a concluir, que son muchas las formas de uso en las cuales se puede incluir estos sistemas de RV en la medicina. En el ámbito militar, los sistemas de RV hacen presencia aplicándose como forma de entrenamiento, encontrándose laboratorios para la simulación de catástrofes atómicas, simulaciones de misiones, estrategias en enfrentamientos para reducir víctimas y pérdidas de recursos, además de ser utilizadas para que los soldados y alumnos sean evaluados en situaciones de riesgo ya que la característica inmersiva de estos sistemas habilitan la posibilidad de un análisis psicológico en gran medida; también se pueden encontrar simuladores de RV que se usan para el aprendizaje de conducción de vehículos de combate, así mismo como distintas aplicaciones que potencializan el actuar de las tropas o ejércitos, dentro de algunas investigaciones se pueden citar la que lleva como título *“Sistema de Simulación de Entrenamiento: Visualización de un Entorno Virtual de Navegación”* [70] y el proyecto de entrenamiento militar *“Sistema de Entrenamiento Interactivo para Operadores de FLIR de la fuerza aérea colombiana”* [71].

En el arte la RV empieza a tener eco, pues los artistas ven a estos sistemas como una herramienta o medio para experimentar nuevas formas para explorar el arte, pues permite la preservación del patrimonio cultural, aumentando el acceso al arte para las personas, a través de la utilización de aplicaciones de museos virtuales, además en este tipo de aplicaciones se pueden desplegar información que permitirá al usuario interactuar y educarse acerca de la importancia cultural de todo lo que rodea el arte como expresión. Entre algunas investigaciones y desarrollos se pueden encontrar estudios como *“Un Museo Virtual de Arte”* [42] y el *“Museo de Formas Puras”* [56].

3.2. SIMULADORES

Un simulador es un aparato que permite la simulación de un sistema, reproduciendo un comportamiento, los simuladores reproducen sensaciones que en realidad no están sucediendo[2], en estos sistemas, la simulación va acompañada de dispositivos de entrada que permiten agregar elementos hápticos, aportando realismo e interactividad a la experiencia.

3.2.1. SIMULACION

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema y llevar a término experiencias con él, con el objetivo de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias para el funcionamiento del mismo[53], generalmente los tipos de simulación que se manejan en la actualidad son:

- **Identidad:** Es cuando el modelo es una réplica exacta del sistema en estudio, ejemplo; la utilizan las empresas automotrices cuando realizan ensayos de choques de automóviles utilizando unidades reales[72].
- **Cuasi - identidad:** Se utiliza una versión ligeramente simplificada del sistema real, por ejemplo; los entrenamientos militares que incluyen movilización de equipos y tropas pero no se lleva a cabo una batalla real[72].
- **Persona – persona:** Simulaciones de tipo social en las que se estudia las reacciones de personas o colectivos[53].
- **De Sistema:** Donde se reproduce físicamente un sistema: físico, químico, biológico, etc., bajo ciertas condiciones controladas[53].
- **Persona – Computador:** Simulaciones donde la persona responde a unas cuestiones planteadas por el computador[53].
- **Por Computador:** A partir de una entrada, un programa la transforma obteniendo una salida, sin interacción; usualmente responden a sistemas estocásticos, es decir, fundamentados en probabilidades[53], el modelo es completamente simbólico y esta implementado en un lenguaje computacional, este tipo de simulación puede a su vez ser digital o analógica[72]. Por consecuencia se puede utilizar en sistemas de Realidad Virtual, los tipos de simulaciones de Persona – Computador y simulaciones por computador; los cuales se pueden ajustar a mundos alternativos que necesitan los sistemas de RV.

3.2.2. TIPOS DE SIMULADORES

Los tipos de simuladores en los que se realiza más énfasis de investigación son los de conducción, en los cuales se busca una formación para el manejo de vehículos dentro de diferentes actividades; también se pueden encontrar simuladores en la milicia, medicina, educación, investigación científica, videojuegos, entre otros; a continuación se presentan algunos tipos de simuladores con más auge que se pueden encontrar en la literatura:

- **Simuladores de Vuelo:** Un simulador de vuelo es un sistema que intenta replicar o simular, la experiencia de una aeronave de la forma más precisa y realista posible; los diferentes tipos de simuladores de vuelo van desde videojuegos hasta réplicas de cabinas en tamaño real montadas en accionadores hidráulicos o electromecánicos controlados por sistemas modernos computarizados[2]. Entre los simuladores de vuelo presentes en la literatura actual sobresalen estudios y desarrollos como: “*Diseño de un Moderno Simulador de Vuelo en Tiempo Real*” [73], “*Diseño e Implementación del Sistema de Elevación Vertical de un Simulador de Vuelo*” [74], “*Prototipo de una Plataforma Móvil de Bajo Coste para Simulación de Vuelo de Alto Realismo*” [75], además de otros sistemas más robustos que permiten entrenar al usuario en temas de vuelo de aeronaves.
- **Simuladores de Conducción:** Los simuladores de conducción, son sistemas que intentan imitar la experiencia de conducir un automóvil, una motocicleta, entre otros vehículos[2]; están compuesto por un conjunto de componentes físicos y de programas informáticos que permite que un conductor real realice el proceso de conducción en un vehículo que circula por un entorno viario simulado. Para el buen funcionamiento de un simulador de conducción es esencial que el conductor este inmerso en el ambiente virtual de la simulación[76]; actualmente se pueden encontrar en implementación e investigación algunos tipos de simuladores de conducción como los de automóviles, tren, motocicleta, sub marino, entre otros; algunos ejemplos son, “*Simulador 3D para el Sistema de Transporte Colectivo Metro*” [77], “*Simulador de Viaje en Motocicleta*” [78].
- **Simuladores para el Entrenamiento:** Este tipo de simuladores se distinguen por su aplicación en el aprendizaje y formación en diferentes habilidades, las cuales para su desarrollo debe de recurrirse a la práctica, con el fin de que los educadores o entrenadores puedan provocar situaciones y eventos reales asociados con el campo de entrenamiento; algunos tipos de simuladores de entrenamiento que se pueden tomar como ejemplo son: “*Un simulador Distribuido para Entrenamiento de Operarios*” [79], “*Un Simulador de Alcance Total para la Formación de los Operarios de Sala de Control de Factorías de*

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

Azucares” [80], *“Simulador de Bajo Coste para el Entrenamiento de Habilidades Laparoscópicas Básicas”* [81], *“Simulador Quirúrgico Virtual para el Entrenamiento en Cirugías Mínimamente Invasivas”* [82], *“Simulador para el Aprendizaje y Entrenamiento en Vela”* [83].

- **Exergames:** En el mundo de la simulación de videojuegos existe una categoría definida como juegos serios, dentro de la cual se encuentran los videojuegos orientados al ejercicio físico, que pretenden hacer uso de elementos interactivos e inmersivos para estimular la movilidad del cuerpo y potenciar la actividad física a través del juego y la competencia[84]; este tipo de simuladores están siendo utilizados como objetos de investigación arrojando resultados positivos en distintos temas relacionados a la actividad física, además de otros temas de interés; un ejemplo de esto es la investigación que se titula *“Estudio sobre la aplicabilidad de exergames para la mejora de los índices de obesidad y la imagen corporal en escolares”*, donde se indaga el efecto que tiene la utilización de exergames como una herramienta de entretenimiento para combatir el sedentarismo, la obesidad y la baja autoestima con relación a la imagen corporal[85], del mismo modo deportes como el baloncesto han sido objeto de estudio para la implementación de exergames[86], además de indagaciones centralizadas en la mejora de la fisiología[87] y el avance a nivel físico – cognitivo del adulto mayor[88]. Por otra parte, actualmente existen una pequeña gama de videojuegos, para distintas plataformas basadas en este tipo de estrategias de juego, como por ejemplo, el *“WiiFit”* para Nintendo Wii[89], *“Your shape fitness involved”* para Xbox 360[90], *“EA Sports Active 2”* para Nintendo Wii[91], entre otros más, los cuales pretenden a través de visualizaciones en 3d, entretener y ayudar al usuario a organizar y ejecutar rutinas de ejercicio, de manera autodidacta, de tal forma que la persona disfrute de hacer ejercicio desde la comodidad del hogar.
- **Otros Simuladores:** Dentro de este tipo de variante de simuladores se pueden clasificar los simuladores direccionados para la prevención o análisis de situaciones, los simuladores para la prevención de desastres, emergencias por catástrofes, simuladores de casos financieros, militares, hospitalarios y muchos otros más; citando algunos ejemplos de investigaciones se pueden encontrar: *“Simulación y control de un sistema de trenes metropolitanos”* [92]; *“Simulador de Combate Naval”* [93], *“El impacto del Uso del Simulador de Conducción en Psicología del Tráfico y Seguridad Vial”* [94], *“Simulación multi-agente para Gestión de Desastres y Reducción de Riesgo”* [95].

3.3. CONCEPTOS DE PROGRAMACIÓN

3.3.1. PARADIGMAS DE PROGRAMACIÓN

Un paradigma de programación indica un método de realizar cálculos y la manera en que se deben estructurar y organizar las tareas que debe llevar a cabo un programa[96], es decir, un modelo para resolver problemas computacionales; los paradigmas fundamentales están asociados a determinados modelos de cómputo, también se asocian a un determinado estilo de programación, por lo cual, los lenguajes de programación suelen implementar a menudo o de forma parcial varios paradigmas[96].

3.3.2. TIPOS DE PARADIGMAS

Los paradigmas fundamentales están basados en diferentes modelos de cómputo y por lo tanto afectan a las construcciones más básicas de un programa; la división principal de los paradigmas residen en el enfoque imperativo (indicar el cómo se debe calcular) y el enfoque declarativo (indicar el qué se debe calcular. Dentro del enfoque declarativo se pueden encontrar varias ramas diferenciadas, entre las cuales están el paradigma funcional, el paradigma lógico, la programación reactiva y los lenguajes descriptivos; por otro lado, otros paradigmas se centran en la estructura y organización de los programas, además de ser compatibles con los fundamentales, como ejemplos de esto se tiene la programación estructurada, modular, orientada a objetos, orientada a eventos, programación genérica[96] entre otras.

A continuación, se describen algunos paradigmas fundamentales de programación:

- **PROGRAMACIÓN IMPERATIVA:**

En la programación imperativa se describen sentencias que modifican el estado de un programa, en muchos sentidos es la programación natural para las CPU's que se basan en ese paradigma al nivel más básico; en este paradigma se expresa como debe de solucionarse un problema especificando una secuencia de acciones a realizar a través de uno o más procedimientos denominados subrutinas y funciones[97].

- **PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA:**

Como su nombre lo indica, este tipo de programación se basa en estructuras básicas que en cantidad son tres y en definición corresponden a la secuencia de instrucciones, los condicionales y los ciclos[98].

■ PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS POO:

En inglés se conoce como *Object oriented programing OPP*, el cuál define los programas en términos de clases de objetos; los objetos son entidades que combinan estado (datos y valores), comportamiento (métodos o procedimientos) e identidad (nombre del objeto que lo diferencia del resto). Esta técnica es utilizada para crear aplicaciones informáticas extensas en base a objetos del mundo real denominados entidades; estos objetos o entidades se pueden clasificar en físicos y lógicos. Los objetos físicos son objetos tangibles, es decir, los que se pueden ver y tocar; por otro lado, los elementos lógicos, son intangibles creados por la necesidad del hombre para plasmar la información en forma textual o gráfica[99].

■ PROGRAMACIÓN ORIENTADA A EVENTOS POE:

En la programación orientada a eventos, la línea de ejecución del programa no está dictaminada de antemano, no conocemos cuáles serán las líneas de código que se ejecutaran en cada caso y es el usuario o el sistema los que determinaran la ejecución de las funciones como respuesta a eventos provocados por ellos[100]. Un evento es una acción que es reconocida por el objeto y que normalmente es provocada por el usuario al interactuar con la interfaz del programa (la pulsación de un botón del ratón, la pulsación de una tecla, etc.); muchos objetos tienen predefinidos un conjunto de eventos que pueden reconocer, si uno de ellos ocurre, se ejecuta un manejador de eventos (función) como respuesta, por lo tanto, una aplicación para el sistema operativo en realidad lo que hace es ejecutar funciones para tratar los distintos eventos que se vayan produciendo[100].

■ PROGRAMACIÓN PARALELA:

La programación paralela se basa en sistemas paralelos, los cuales están formados por varios sistemas que comparten la información, los recursos y la memoria de alguna manera[101]; Primeramente se dice que hay paralelismo entre varios procesos cuando se ejecutan al mismo tiempo[101]; ahora bien, la programación paralela es cuando la ejecución de programas se superpone en el tiempo sin ejecutarse necesariamente en procesadores físicos separados al compartir, por ejemplo, el mismo procesador[102], por lo cual se puede concluir que la programación paralela se basa en paralelismo.

■ PROGRAMACIÓN CONCURRENTE:

Se dice que hay concurrencia entre varios procesos cuando existen al mismo tiempo[103]. La creación de programas en los que múltiples actividades computacionales se superponen en el tiempo y típicamente interactúan de alguna manera[102] se conoce como programación concurrente. Se dice que hay concurrencia entre varios procesos cuando existen al mismo tiempo[103].

- **PROGRAMACIÓN DISTRIBUIDA:**

Cuando los procesadores se distribuyen a través de una red, no hay memoria compartida[102].

- **MULTIPROGRAMACIÓN:**

Un sistema multiprogramado permite que varios procesos estén en ejecución de forma simultánea, aunque la computadora sobre la cual realicen sus acciones tenga un solo procesador. Lo anterior implica que, de alguna forma, se deba compartir el procesador, debido a que solo se puede ejecutar una instrucción en cada instante de tiempo cuando el sistema de cómputo tiene un solo procesador[104].

3.3.3. OTROS CONCEPTOS ASOCIADOS A LA PROGRAMACIÓN

HILO O HEBRA:

Un hilo o hebra (en inglés “*Thread*”) de ejecución en sistemas operativos, es una característica que permite a una aplicación realizar varias tareas concurrentemente. Los distintos hilos de ejecución comparten una serie de recursos tales como el espacio de memoria, los archivos abiertos, situación de autenticación, etc.; esta técnica permite simplificar el diseño de una aplicación que debe llevar a cabo distintas funciones simultáneamente[105]. Los hilos de ejecución que comparten los mismos recursos, sumados a estos recursos, son en conjunto conocidos como un proceso, cuando un hilo modifica un dato en la memoria, los otros hilos acceden a ese dato modificado inmediatamente[105]. Este tipo de alternativas son comúnmente aplicadas, con la finalidad de hacer creer al usuario que está observando múltiples procesos ejecutándose al mismo tiempo, un ejemplo de esto podría ser: observar el valor de la temperatura, el nivel de agua de un tanque, el tiempo, de un proceso, de manera concurrente en una pantalla LCD.

Los hilos presentan dos tipos de comunicación:

- **Síncrona:**

Los dos procesos han de ejecutar de forma simultánea. El emisor ha de ejecutar el servicio enviar mientras el receptor ejecuta recibir[105].

- **Asíncrona:**

El emisor hace el envío y prosigue su ejecución. El sistema operativo ofrece almacenamiento intermedio para guardar la información enviada hasta que el receptor la solicite[105].

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

Ahora, los hilos presentan varios tipos de modelos de estructuras entre las cuales se tienen:

- **Monohebra:** Este tipo de estructura involucra a un solo hilo o hebra con múltiples procesos o eventos concurrentes en el tiempo[103].



Figura 3.1: Monohebra.

Fuente [106]

- **Multihebra:** Este tipo de estructura involucra múltiples hilos o hebras con múltiples procesos o eventos concurrentes y/o paralelos(ver figura3.2); además contiene diferentes tipos de modelo algunos de los cuales son[103]:

- Modelo mucho a uno: Asigna múltiples hebras del nivel de usuario al kernel.
- Modelo uno a uno: Asigna cada hebra de usuario a cada hebra del kernel.
- Modelo mucho a mucho: multiplexa muchas hebras de usuario sobre un número menor o igual de hebras del kernel.



Figura 3.2: Multihebra.

Fuente [106]

INTERRUPCIÓN:

Las interrupciones son recursos o mecanismos del microcontrolador para responder a eventos, permitiendo suspender temporalmente el programa principal, para ejecutar una subrutina de servicio de interrupción (ISR por sus siglas en inglés “*Interrupt Service Routines*”); una vez terminada dicha subrutina, se reanuda la ejecución del programa principal[107]. Las interrupciones se generan cuando dispositivos periféricos conectados a la tarjeta electrónica solicitan enviar información al microcontrolador, esto puede ser de manera asíncrona. También el proceso de interrupción se puede generar de manera periódica, es decir por medio de una señal digital (por ejemplo de un milisegundo de periodo) conectada a un pin específico del microcontrolador (INT0 o INT1) se puede atender tareas determinadas como adquisición de datos, monitoreo de sensores, cálculos numéricos, envíos de comandos al robot, etc[107].

TAREA:

Una tarea (en inglés *Task*), es un conjunto $(J_i, i=1, \dots, p)$ actividades básicas que se ejecutan en un sistema operativo que cumplen con ciertas características. La unidad de trabajo de un tarea se llama instancia, de tal manera que una tarea en tiempo real está formada por un conjunto de instancias, es decir $J_i = j_k$, con $i = (1, \dots, p)$, $k = (1, \dots, n)$ para $i, k, n, p \in \mathbb{Z}^+$, donde i es el índice de la tarea y p es el número de tareas, k es el índice de la instancia y n es el número de las instancias[108].

PROCESO:

Proceso es un término con múltiples usos, que aparecen en contextos muy diversos; en el ámbito de la informática, el concepto se refiere a la ejecución de diversas instrucciones por parte del microprocesador, de acuerdo a lo que indica un programa, el sistema operativo de la computadora (ordenador) se encarga de gestionar los procesos. Este software administra las instrucciones que otros programas informáticos destinan al microprocesador, analiza el estado de ejecución y organiza la memoria dedicada a las tareas[108].

KERNEL:

Se denomina kernel al software que compone la parte esencial de un sistema operativo, a través del kernel, los diversos programas de una computadora (ordenador) pueden acceder al hardware, por ejemplo: el kernel también se encarga de gestionar los recursos mediante servicios de llamada al sistema. Lo que hace el kernel en definitiva, es comunicar al software con el hardware; para esto se encarga de gestionar los dispositivos físicos (el procesador, los periféricos, etc.) y los diversos programas informáticos, ordenando cómo éstos acceden a los recursos[109].

LATENCIA:

La latencia se refiere a los estados temporales que se registran en una red, estos retardos se producen por la demora en la propagación y en la transmisión de los paquetes de datos; al sumarse todos estos retardos, se obtiene la latencia de la red informática[110].

3.4. LA BICICLETA

La bicicleta etimológicamente deriva del latín: bi (dos) y ciclos (ruedas)[111], es un vehículo que consta de dos ruedas alineadas fijas a un cuadro, se dirige mediante un manubrio y es impulsada por una combinación de pedales y engranajes movidos por los pies[112], está consolidado como un medio de transporte que no atenta con la naturaleza pues es ecológico, sostenible y de costos monetarios económicos. La bicicleta como medio de transporte individual es una de las opciones favoritas por muchas personas en todo el mundo, es así que hay más de 800 millones de bicicletas en el planeta, y la mayoría son máquinas domésticas y de paseo, también descritas como bicicleta urbana o City-Bike, dedicadas a todo tipo de usos cotidianos donde se enfrentan a diferentes trayectos de corta o larga distancia con la facilidad de recorrerlos cuatro veces más rápidos.

3.4.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA BICICLETA

La bicicleta como todo vehículo o medio de transporte, está conformada por diferentes partes que efectúan funcionalidades variadas, que coordinadas cumplen con el correcto desempeño de la máquina; a continuación se mencionan algunos de sus componentes elementales.

- **Manillar o Manubrio:** Es el volante de la bicicleta; es decir, el mecanismo con el cual se controla la dirección y sentido de la máquina; existe gran variedad de manubrios, entre los cuales están los planos, chopero, manubrio en v, etc.[113], los cuales se relacionan de acuerdo a la postura que adopte el ciclista y el tipo de ciclismo en el que se desenvuelva.
- **Ruedas:** Estas se componen de eje, varillas o radios, llanta y neumático, el eje se halla en el centro de la rueda y es la parte principal de la bicicleta, pues constituye el punto de apoyo de la máquina, los cubos que albergan el eje deben de ser de acero, lo más duro posible para que tengan escaso desgaste ante el continuo rozamiento del buje del eje, en el cubo convergen las varillas o radios para que la rueda tenga la solidez necesaria; la llanta

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

es la circunferencia exterior de la rueda en la que mueren los radios y sobre la cual se aplica el neumático[114].

- **Marco o cuadro:** Es un conjunto de tubos de acero o de algún otro material de menor peso y mayor resistencia que sostiene en su parte superior el sillín en el que se sienta el ciclista[114], se comporta como el soporte del resto de componentes.
- **Grupo Mecánico:** Es el conjunto de elementos de tracción, está compuesto por la cadena, los cambios, los piñones, los platos, las bielas, los ejes y los pedales[113].
- **Tenedor o Horquilla:** Es la reunión de dos tubos paralelos, abiertos por un extremo que abrazan a la rueda[114].
- **Sistema de Frenos:** Generalmente son dos: uno para cada rueda, están ubicados en el manubrio o manillar, y es el freno trasero el cual se acciona con mayor frecuencia[113].



Figura 3.3: Elementos básicos de la bicicleta. Fuente [1]

3.4.2. FUNCIONAMIENTO DE LA BICICLETA

La cadena transmite la fuerza proveniente del empuje de los pedales hacia el eje de la rueda trasera, los cambios funcionan para modificar el tipo de fuerza y la frecuencia del pedaleo, los cambios más duros mueven la cadena a un piñón más pequeño haciendo que cada pedaleo completo produzca un mayor movimiento en la rueda[113].

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

Algunas de las energías que actúan en el funcionamiento de la bicicleta son: la energía interna, la cual el ciclista tiene almacenada en los músculos de sus piernas; la energía cinética, que el ciclista suministra al pedalear la bicicleta generada por el movimiento a la que se denomina energía cinética; la energía de potencial, esta es una forma de energía que aumenta cuando se sube a una cierta altura, al dejarlo caer por una cuesta se transforma la energía potencial en energía cinética; la disipación de la energía, que se produce cuando se frena, se observa debido al rozamiento generando calor, el cual se transmite al ambiente y es energía que ya no es útil ni aprovechable, por lo tanto se concluye que la energía se ha disipado[2]. También, se pueden determinar algunas fuerzas presentes en la práctica del ciclismo y en el funcionar de la bicicleta, de las cuales se tienen: la fuerza normal, la fuerza impulsadora, la gravedad, la fuerza de reacción entre otras.



Figura 3.4: Fuerzas que actúan en una bicicleta. Fuente [2]

3.5. CICLISMO

El ciclismo es uno de los deportes de gran reconocimiento a nivel mundial, su práctica requiere la realización de grandes esfuerzos aún más en el ámbito profesional, en el cual se usa una bicicleta para recorrer circuitos al aire libre o en pista cubierta utilizando distintos tipos de bicicletas y en el que se demuestran las habilidades de los corredores así como la perfección de sus estrategias. El ciclismo es un deporte simétrico que se practica a partir de un elemento

mecánico (bicicleta) que limita la postura del atleta que va comprendido entre los pedales, en los que encaja mediante unos tacos de que dispone en las zapatillas, el sillín en el que se sienta y el manillar en el que apoya sus manos[112].

3.5.1. TIPOS O MODALIDADES DEL CICLISMO

El ciclismo, es una disciplina deportiva la cual se puede competir en distintas modalidades; entre dichas modalidades existen variantes entre las cuales se pueden distinguir tipos de pruebas, categorías, terrenos entre otros; a continuación, se describen algunas de las modalidades más importantes, además se abarcan con mayor profundidad el ciclismo indoor y el ciclismo de ruta, en especial el ciclismo de ruta en pruebas de contrarreloj individual.

CICLISMO DE MONTAÑA

Se realiza generalmente a través de bosques o terrenos montañosos, por caminos angostos con cuestas empinadas y descensos muy rápidos; entre los terrenos por las que se lleva a cabo esta modalidad se encuentran: arena, lodo, tierra, arroyos, etc., encontrando obstáculos como ramas, piedras, huecos, troncos, acantilados, pendientes, entre otros[115]. Dentro del ciclismo de montaña se encuentran varias modalidades entre las cuales se tienen:

- **Campo a Través (Cross Country):** Una de las modalidades más difundida, las primeras competiciones se dieron en California (Estados Unidos) a principios de los años 80[116], consiste en dar un número determinado de vueltas a un circuito cuya longitud esta entre los 8 y 11 kilómetros[112]; estos circuitos son naturales a través de bosques; utilizan bicicletas hechas de titanio, aluminio, carbono, con suspensiones entre otras características que se adecúen a estos terrenos; sus competiciones están reguladas por la Unión ciclistica internacional (*Union Cycliste Internationale, UCI*)[116].
- **Descenso (Downhill):** Especialidad en la cual se compite en un camino totalmente de bajada, con saltos y obstáculos tanto como naturales o artificiales es la modalidad más extrema del ciclismo[112].
- **Eslalom:** Modalidad parecida al descenso en el cual se compite en una pista en bajada con banderas y puertas al estilo del esquí[117].

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

- **Four Cross:** Especialidad parecida al descenso en el cual compiten cuatro ciclistas simultáneamente en un circuito en bajada con obstáculos y saltos espectaculares, gana el que primero llega a la meta[112].
- **Ciclo-Cross:** No son especialmente eventos de carretera (aunque se confunden), para la competencia el circuito debe de considerar campo, bosque, desfiladeros, cercas, empedrado y brechas con lodo, los corredores usan bicicletas de ruta adaptadas con llantas especiales y zapatos con picos para no resbalar cuando corren en lodo[118].

BMX

BMX (abreviación de *Bicycle Motocross*) o ciclismo acrobático tiene su origen en California (Estados Unidos) en los años 70, es una disciplina o competencia de deporte extremo que se desarrolla en bicicletas de tamaño más pequeño que las mountain-bike o ciclismo de carretera permitiendo al ciclista ganar más manejabilidad y precisión que con una bicicleta de mayor tamaño, normalmente las ruedas son de 20 pulgadas, muchos de los riders prefieren montar sin frenos consiguiendo más control de la bicicleta, comodidad a la hora de manejarla y menos problemas de mantenimiento[117], convirtiéndola en una carrera popular para corredores menores de 18 años[118]. Entre el BMX hay dos variantes el estilo libre y el Freestyle, el primero se practica en circuitos con curvas y obstáculos donde actualmente es deporte olímpico, mientras el segundo consiste en hacer trucos sobre la bicicleta[119].

CICLISMO DE PISTA

Se caracteriza por realizarse en un velódromo con peralte donde la superficie de este puede ser de madera o concreto y ser cubierto o no; se realiza con bicicletas de carretera modificadas. Hay varios tipos de pruebas: Velocidad individual, velocidad por equipos, kilómetro contrarreloj, persecución individual, persecución por equipos, carrera por puntos entre otras[112]. Los velódromos están compuestos por circunferencias de 250 a 500 metros, en este tipo de eventos las competencias son generalmente más cortas y más rápidas que las de ruta[118].

CICLO-TURISMO

Es la práctica de ciclismo sin ánimo competitivo usando la bicicleta como medio de ejercicio físico, de diversión, de transporte o turístico[116]; radica en recorrer en bicicleta visitando

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

diversos lugares que se encuentra al pasar, es una actividad que armoniza la acción física y el turismo, esta actividad al no realizarse por competencia si no por el placer no se le puede considerar como práctica deportiva[115].

CICLISMO URBANO

El ciclismo urbano no es considerado como un deporte, aunque favorece la salud de quien lo práctica, consiste en la utilización de una bicicleta como medio de transporte urbano, ya sea al trabajo, de compras, para hacer gestiones o de ocio, se trata por tanto de distancias cortas o medias, recorridas en medio urbano o en todo caso en sus alrededores, un ejemplo de ciudades con buena infraestructura para los ciclistas son Ámsterdam en Holanda y Copenhague en Dinamarca[116].

CICLISMO DE RUTA

Esta modalidad es una de las más comunes y populares en el ciclismo, definida como una de las más exigentes; dentro de las características de mayor importancia se tiene que se desarrollan en asfalto, en este tipo de carreras se encuentran varias subcarreras o etapas que normalmente transcurren abarcando una distancia que separa dos poblaciones o por las calles de la ciudad siguiendo un recorrido o circuito[120]; en estas carreras la competencia se emplea a partir de equipos en los cuales se pueden observar distintos tipos de competidores, entre ellos están: el capo, que es el más completo de la escuadra y es quien coordina con el director deportivo la estrategia de la carrera, junto a él está el co-lider, quien comparte responsabilidades con el jefe de filas y entra a apoyar en caso de que él lo necesite, también están los gregarios los cuales deben sacrificarse por su jefe, protegerlo y ayudarlo en los momentos duros además de llevar los líquidos y alimentos para sus compañeros, otro competidor necesario dentro del equipo es el contrarrelojista es él más veloz frente al tiempo y necesita mucha concentración y constancia para luchar contra el cronómetro, otro también es el embalador, quien necesita de los lanzadores (cuya función es llevar a rueda al embalador hasta los últimos momentos de la etapa permitiéndole llegar mejor ubicado para disputar la etapa), el embalador tiene como principal característica la explosión en los metros finales de la fracción conocidos comúnmente como Sprinters[121]. Entre los premios que se manejan comúnmente en el ciclismo de ruta están: Líder de la general individual, líder de la montaña, el líder sprinter, el mejor joven entre otros. Dentro de la competición de una carrera de ciclismo de ruta, existen distintas variantes y dentro de las mismas hay diferentes pruebas; algunas de las variantes son las siguientes:

- **Prueba en línea de un día:** Pruebas de mayor renombre a las que se les denomina como clásicas y a las cuales sobresalen las conocidas como “monumentos del ciclismo”[115].
- **Critérium:** Es una carrera efectuada en un circuito cerrado al tráfico, al cual se le da determinado número de vueltas, la distancia por vuelta puede ser variable de a 3 kilómetros, la carrera se realiza normalmente en las calles de pequeñas ciudades; se corre a alta velocidad y se otorgan premios cada determinado número de vueltas[118].
- **Pruebas por Etapas:** Esta es desarrollada o disputada en un mínimo de dos días con una clasificación por tiempos, entre las cuales se dispone etapas en línea, contrarreloj, pruebas de montaña, de sprint o velocidad, de equipos, entre otras; destacan carreras como la Vuelta a España, el Giro de Italia y la más popular de todas el Tour de Francia[115].

3.5.2. CICLISMO CONTRARRELOJ

Las pruebas contrarreloj se pueden realizar de manera individual o por equipos sobre distancias fijas; donde el corredor o equipo más rápido (esto es el mejor tiempo) que completa la carrera gana el evento[118], las pruebas de contrarreloj pueden clasificarse básicamente como pruebas de contrarreloj individual (CRI), por equipos (CRE) y crono-escaladas (CRI-E); a su vez, las pruebas de CRI podrían clasificarse en función de su distancia (es muy difícil establecer una clasificación uniforme), distinguiendo entre los prólogos CRI cortas (<10Km), CRI medias (<30Km) y CRI largas (>30Km)[122].



Figura 3.5: Clasificación del ciclismo contrarreloj. Fuente propia.

3.5.3. CONTRARRELOJ INDIVIDUAL (CRI)

La modalidad de contrarreloj individual es una de las especialidades dentro del ciclismo de ruta, tiene muchas premiaciones y competiciones entre las cuales están la medalla olímpica, medalla del campeonato mundial y en carreras de gran importancia disputándose por etapas como el Tour de Francia, Tour de San Luis, Giro de Italia o Vuelta a España; estas carreras se disputan en solitario para lo cual en pruebas de ciclismo de CRI, los participantes salen de uno por uno con intervalos de uno o dos minutos, con el fin de que no se estorben o ayuden indebidamente entre sí y puedan hacer su mejor esfuerzo individual[123].

Algunos de los aspectos básicos del ciclismo de contrarreloj individual son[123]:

- Empezar fuerte en la salida, pero sin quedarse sin oxígeno.
- Realizar el recorrido en línea recta lo más que se pueda.
- Permanecer en posición aerodinámica, especialmente se corre a una velocidad moderada - alta o cuando el viento está en contra.
- Concentrarse en permanecer relajado, realizando respiraciones profundas, con una cadencia de pedaleo uniforme, velocidad constante y una frecuencia cardiaca estable.
- Consumir más oxígeno en una subida, siempre y cuando el recorrido tenga una bajada inmediatamente después que servirá para recuperarse.

Durante una prueba de contrarreloj individual (CRI) el ciclista debe de producir una potencia aproximada de 5.5 W/kg, lo que significa, para un ciclista estándar de 70Kg de masa, unos 385 W o 0.5 caballos de vapor, esta potencia será ligeramente mayor a medida que disminuya la duración de la prueba y viceversa, por lo tanto, el ciclista debe de estar preparado físicamente para producir fuerza propulsiva con sus músculos[122].

3.5.4. CICLISMO BAJO TECHO O INDOOR (HIC)

Primeramente se desarrolló bajo el nombre de Spinning, surgió inicialmente en Estados Unidos, fue desarrollado en 1987 por el ciclista norteamericano Jonathan Goldberg, quien creó la bicicleta llamada “*spinner*”[124]; a lo largo de los años 90 el Spinning se va popularizando en Estados Unidos y extendiéndose por Sudamérica y Europa, siendo en el viejo continente donde

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

se diversifica, apareciendo modalidades desarrolladas por múltiples marcas y fabricantes de bicicletas[125]; creció con la idea montar bicicletas estáticas bajo techo, tratando de desarrollar las técnicas de ciclismo de ruta y simulando los tipos de terrenos existentes, con el incentivo adicional de un instructor especializado en la materia y con música de fondo[124]. Ahora bien en los últimos años se ha definido como una actividad física colectiva, realizada sobre una bicicleta estática al ritmo de la música, desarrollando un trabajo predominantemente cardiovascular de alta intensidad, con intervención muy elevada de los grandes grupos musculares del tren inferior[125], además de tener un favoritismo en salas fitness; por lo cual ha llevado a conocerse como Ciclismo Saludable Bajo Techo o Spining (*Health Indoor Cycling, HIC*). Entre las principales características que lo destacan se tienen que es individualizado, maneja su propio espacio, puede ser practicado tanto por principiantes como avanzados, permite controlar la frecuencia cardiaca y es fácil de practicar; el HIC busca ser una alternativa de entrenamiento en los deportistas, mitigar el estrés, ayudar en el acondicionamiento físico en sedentarios, aumentar el volumen cardiaco o disminución de la frecuencia cardiaca en reposo a partir del aumento de la fuerza del corazón; todas estas características y objetivos han permitido que esta disciplina o método de entrenamiento alternativo haya tomado mucha fama diferenciándose en que es un plan de trabajo enfocado en una nueva forma de desarrollar un entrenamiento personalizado y saludable sustentado en bases científicas y laboratorios[124].

3.6. ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

El entrenamiento deportivo es ante todo un proceso pedagógico de guía para la elevación del nivel de capacidad del organismo del deportista; el entrenamiento puede considerarse como la sumatoria de todas las adaptaciones que se efectúan en el organismo del deportista a través de lo que se entiende como carga de entrenamiento que está compuesta por la totalidad de estímulos que el organismo soporta durante la acción de entrenar[126]; en otras menciones, se considera al entrenamiento físico como una actividad sistemática que permite y propicia, como consecuencia, alcanzar mejores coeficientes de realización en todos o en algunos de los factores que intervienen en una determinada tarea[127]. Ahora bien, para llegar al éxito competitivo como deportista se debe de tener en cuenta las bases fundamentales, que componen el proceso de preparación de los deportistas; dicho proceso abarca lo que se conoce como los componentes fundamentales de la preparación, siendo estos el desarrollo de las actividades motrices, condicionales y coordinativas, los componentes técnico-táctico, psicológico, teórico, entre otros, que marcan la influencia en el rendimiento, de este complejo proceso se derivan leyes y principios, las cuales al momento de planificar, ejecutar y controlar su accionar por medio del plan de entrenamiento, se debe de

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

tomar en cuenta, ya que los mismos serán las directrices a seguir por todos los entrenadores[128]; desde el punto de vista deportivo, se consideran cuatro tipos de entrenamiento[129]:

- **Físico:** Actividad que tiene como fin mantener o mejorar las posibilidades físicas para determinados trabajos.
- **Técnico:** Variable de un deporte a otro, en síntesis hace referencia a la reglamentación, y características propias de la actividad deportiva.
- **Táctico:** Disponer y empear a los deportistas con orden, cohesión, y apoyo mutuo, teniendo en cuenta el ambiente y previendo las posibles acciones del adversario.
- **Vital:** Debe de efectuarse analizando cual es la realidad de nuestro atleta en los aspectos ambientales y de salud, intentando mejorar en lo posible esa realidad[50].

3.6.1. MÉTODOS Y MEDIOS DE ENTRENAMIENTO

En la actualidad se manejan distintos medios y métodos de entrenamiento, pero los comúnmente más utilizados son los métodos de entrenamiento continuos y discontinuos. Los continuos están diseñado para aumentar las posibilidades aeróbicas, mejorar el rendimiento y el desarrollo de la resistencia específica; por otra parte los discontinuos o también llamados de intervalos, tienen como función principal intervenir en las alternativas con las fases de reposo, los ejercicios utilizados en este método son de duración e intensidad constante.

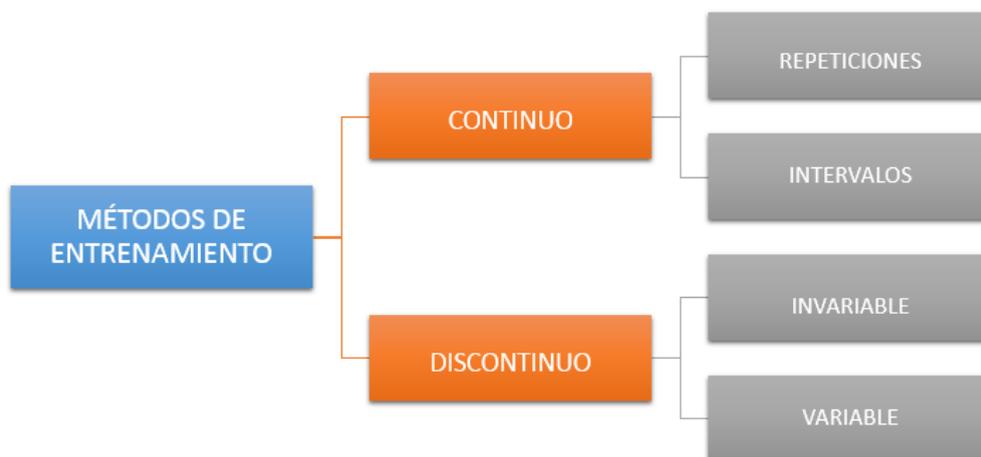


Figura 3.6: Clasificación métodos de entrenamiento. Fuente propia.

3.6.2. PRINCIPIOS DE ENTRENAMIENTO

Los principios de entrenamiento tienen la función de optimizar así como de ampliar la capacidad de acción de deportistas y entrenadores, los principios se refieren a todas y cada una de las tareas de entrenamiento, pues de ellos surge la posibilidad de determinar el contenido, los métodos, los medios y la organización general/específica de la preparación del ciclista. Entre los principios de entrenamiento más básicos están:

- **Principio el Aumento Progresivo de las Cargas:** En este principio se manifiesta la necesidad de aumentar el nivel de la carga de trabajo para seguir provocando nuevos logros o adaptaciones en el organismo, su aplicación se basa en la relación proporcional de los componentes de la carga, la capacidad de adaptación y el aumento del rendimiento, el empleo de este principio se basa en aplicar la carga de trabajo cada vez mayor en volumen o intensidad según sea el caso.
- **Principio de las Variaciones Ondulatorias de las Cargas:** Los estímulos aplicados para dar atención a este principio en el ciclismo se logran en un proceso de entrenamiento que debe de ser variado, para evitar así la monotonía y la adaptación estandarizada, se intenta provocar mediante cambios de ritmo, ya sea en el pedaleo, emplear algún tipo de resistencia o cambio en el terreno.
- **Principio de la Especialización:** Procede obligadamente a una base general y preparatoria previa; mismas que no coinciden con la forma de competición, es decir, ejercicios preparatorios que no incluyen la técnica ni la forma de la competencia.
- **Principio de la Individualización:** En este principio se toman en cuenta particularidades como: la tipología muscular, función dentro de la disciplina deportiva, edad, adaptación biológica, tiempo de dedicación, historial competitivo, entre otros[50].

3.6.3. CUANTIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

Se utilizan principalmente cuatro métodos para la recopilación de los datos del entrenamiento: cuestionarios retrospectivos, basados en la compilación de respuestas a preguntas son baratos y sencillos de administrar, cuestionarios diarios, recopilados inmediatamente después de la sesión de entrenamiento, monitorización fisiológica, seguimiento de variables fisiológicas (consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca, etc.), y observación directa, habitualmente comparación de deportista por un solo observador[130].



Figura 3.7: Métodos de cuantificación de entrenamiento. Fuente propia.

3.6.4. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

El objetivo final de cualquier entrenamiento es la mejora de la condición física, para ello la idea básica es la de someter al cuerpo a una serie de esfuerzos que lo preparen para tolerar mejor las exigencias que tendrá que superar en la competición[128]; la planificación del entrenamiento básicamente tiene la responsabilidad de ordenar todas las actividades a desarrollar en función de los objetivos, garantizando el cumplimiento de los mismos.

La formulación de un plan de entrenamiento deportivo adecuado está constituido por dos documentos, un plan de entrenamiento escrito y un plan de entrenamiento gráfico: El plan escrito, es una descripción teórica del trabajo que se pretende realizar en los prolongados ciclos de entrenamiento, es decir, constituye en sí la fundamentación del plan de entrenamiento[128], en su contenido se encuentran los lineamientos generales que especifican de manera concisa la realidad del entrenamiento; por otra parte, el plan gráfico del entrenamiento es el documento que permite reflejar de forma rápida, el calendario de las formas expuestas en el plan escrito y que sirve de orientación estructural del ciclo de entrenamiento; de igual manera, esta estructura permitirá determinar los ciclos por los que transitará el deportista o grupo de deportista que este bajo la responsabilidad del entrenador, así, como la duración del macrociclo, los periodos, las etapas, los mesociclos, los microciclos y las actividades fundamentales pueden ser visualizadas con mayor precisión[128]

MODELOS DE PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

Los modelos de planificación no son más que esquemas sistemáticos, controlados y dirigidos, determinados por factores como el tipo específico de disciplina deportiva, el nivel de competencia, el estado funcional del deportista, la lógica interna del deporte, la duración del calendario deportivo, entre otros[131]; a lo largo de la historia del entrenamiento deportivo se ha desarrollado y empleado diversos modelos de planificación entre los cuales se pueden encontrar los modelos tradicionales y los modelos contemporáneos.

■ MODELOS TRADICIONALES

Los modelos tradicionales, son modelos de planificación deportiva que aunque son antiguos en su origen, aún se mantienen vigentes en la actualidad; se basan esencialmente en el concepto de cargas regulares que no es más que un incremento de la carga de diversas cualidades físicas o técnico-tácticas además de dividir la temporada de entrenamiento en 3 periodos, periodo preparatorio, competitivo y de transición; en la figura 3.8 se pueden observar el conjunto de modelos tradicionales de mayor importancia.

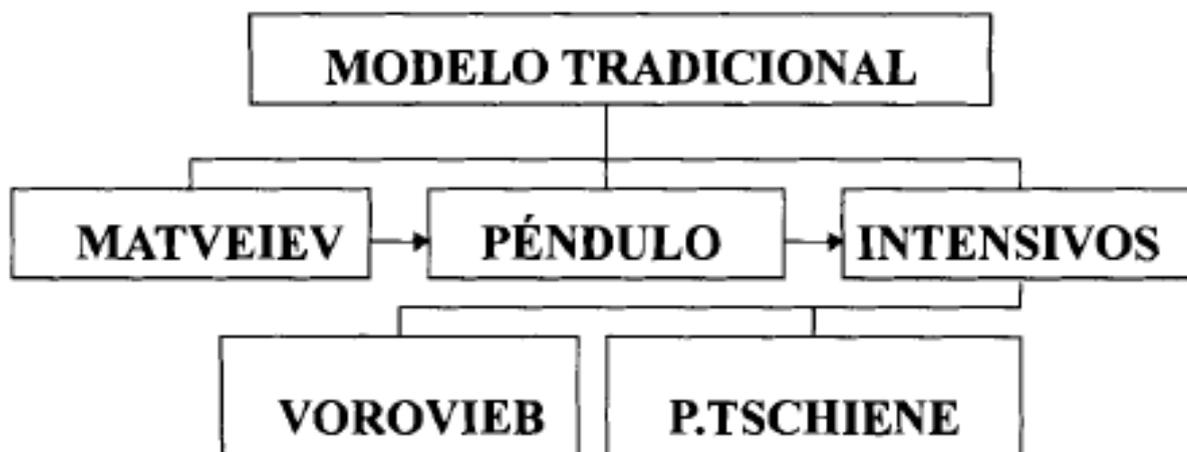


Figura 3.8: Modelos de planificación tradicional.
Fuente [132].

A continuación, se expresa de manera muy corta, algunas de las características más importantes de los modelos tradicionales presentados en la figura 3.8:

El modelo de Matveiev tiene como distintivos principales una estructura de 3 periodos (preparatorio, competitivo y transición), su fundamentación teórica se basa en el síndrome

general de adaptación (Selye), define las fases que deben de cumplirse para alcanzar la máxima forma deportiva: fase de desarrollo, fase de conservación y fase de pérdida, asume las condiciones climatológicas entre otras características más. Ahora bien, el modelo de péndulo de Aroseiev, intenta resolver las complejas tareas de preparación técnico-táctica y de movilización, dando participación activa al deportista por medio del uso del autocontrol, denominando a esta propuesta “*sistema de formación de la preparación especial*”[131], que plantea una estructura original del año de entrenamiento y alterna dos variantes de microciclos: principales y de regulación, donde, el efecto péndulo de este modelo se fundamenta en dos postulados, el fenómeno Sechenov del descanso activo y la posibilidad de aportar ritmo a la capacidad especial y general de trabajo del deportista [132].

Por otro lado, se tiene el modelo de altas cargas de entrenamiento de Vorobiev, el cual tiene como características principales: hacer uso prioritario de las cargas específicas de entrenamiento, organizar el año en estructuras intermedias de corta duración, la aplicación de las cargas sigue los principios de la adaptación biológica de los sistemas funcionales del deportista y considera necesario aplicar frecuentes cambios en las cargas de trabajo con la finalidad de conseguir continuas adaptaciones del organismo[132].

Por último, el modelo de altas cargas de Tschiené, busca el mantenimiento de un alto nivel de rendimiento a partir del uso continuo de una elevada intensidad de la carga superior al 80 %, utilizando prevalentemente el trabajo específico de competición, con una notable ondulación de la carga por cambios frecuentes en los aspectos cualitativos y cuantitativos del entrenamiento, utilizando un control riguroso de las capacidades funcionales y condicionales del deportista durante la competición[131].

■ MODELOS CONTEMPORANEOS

Los modelos contemporáneos de planificación de entrenamiento deportivo, aparecieron con base a los postulados clásicos de los teóricos del entrenamiento deportivo, entre los rasgos de mayor importancia de estos modelos se tiene: la individualización de las cargas de entrenamiento, la concentración de las cargas de trabajo de una misma orientación en períodos cortos de tiempo, el incremento del trabajo específico en el contenido del entrenamiento y la tendencia a un desarrollo consecutivo de capacidades [132] de los cuales algunos los de estos modelos se ven representados en la figura 3.9.



Figura 3.9: Modelos de planificación contemporáneos.
Fuente [132].

A continuación, se detallan de manera individual los modelos de mayor utilización en la actualidad y se exponen algunas características que sirvan de fundamentación teórica:

Primeramente se tiene el modelo de entrenamiento por bloques de Verkhoshansky que se estructura a partir de tres fases: programación, organización y control, donde se destacan y priorizan el conocimiento de la realidad del deporte moderno y el concepto metodológico de la preparación[131], desarrollan el proceso de entrenamiento con base a microciclos de diferente orientación, organizados dentro de una cadena de tipo secuencial con cargas de trabajo muscular intensas[132], entre otros aspectos que destacan el desarrollo de la ciencia y la tecnología que rodea el proceso del entrenamiento, el aumento de los intereses que rodean el alto rendimiento y la elevación del nivel medio de las competiciones entre otros; el modelo A.T.R (acumulación, transformación y realización) es una variante del modelo de bloques propuesto por Verkhoshansky y se basa en dos puntos fundamentales: la concentración de cargas de entrenamiento sobre capacidades específicas y el desarrollo consecutivo de ciertas capacidades en bloques de entrenamiento especializados o mesociclos, este modelo se desarrolla en función del momento de la temporada, la cualificación del deportista y la especificidad del deporte[131]. Ahora bien, el modelo de prolongado estado de rendimiento de Bompa se basa en potencializar el estado de forma del deportista a través de tres estados los cuales denomina: nivel de forma deportiva general (Degree

of training), nivel de alta forma deportiva (Athletic shape) y nivel de máxima forma deportiva (Peaking)[131].

3.6.5. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLAN DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Para desarrollar una planificación de un entrenamiento se debe de seguir una estructura compuesta por diferentes fases, periodos y etapas; las cuales tienen como finalidad lograr la evolución de la condición física y destreza del deportista, por lo cual, es necesario dentro del plan de entrenamiento describir de manera detallada las diferentes tareas y actividades que logren el entendimiento de las mismas por parte del deportista, en la figura 3.10 se puede observar las estructuras básicas de un entrenamiento deportivo según los modelos de planificación.

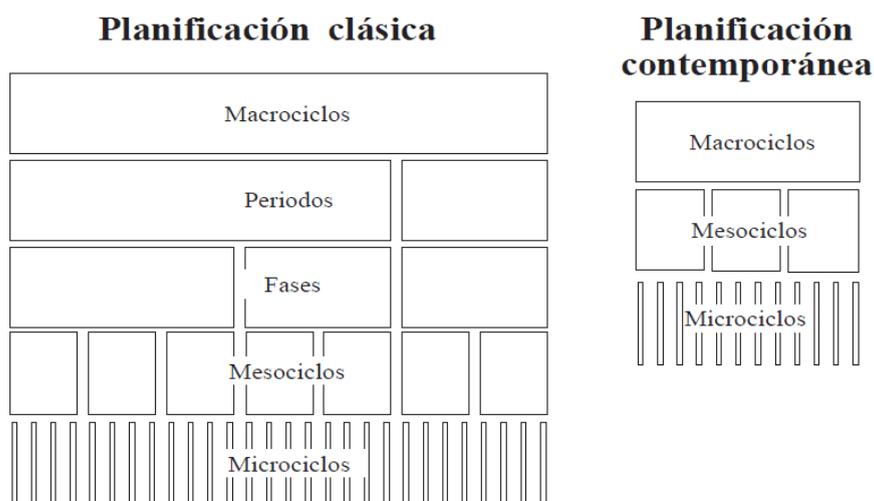


Figura 3.10: Estructura de un plan de entrenamiento según el modelo de planificación. Fuente [133].

A continuación se mencionan algunos elementos que estructuran un plan de entrenamiento deportivo básico:

PERIODO

- **El periodo preparatorio:** Su empleo está en función de perfeccionar las habilidades físicas, la mayor parte del trabajo realizado dentro de este periodo se dirige a la construc-

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

ción de la fuerza, resistencia, velocidad, movilidad, y agilidad a través de varios ejercicios auxiliares[50].

- **El periodo competitivo:** En este periodo se debe de alcanzar la forma deportiva adecuada para la competencia y logro de resultados máximos, los medios de trabajo que predominan en este periodo principalmente son ejercicios especiales, enfocados a la competencia[50].
- **El periodo de Transición:** Es un periodo corto de dos a cuatro semanas de reposo o descanso activo, después de un entrenamiento intensivo y después de la competencia principal[50].

PERIODIZACIÓN

Representa un elemento fundamental dentro del sistema de preparación del deportista a través del cual se construye un modelo de desarrollo sistematizado y estructurado en diferentes ciclos[50]; la periodización del entrenamiento se realiza con el objetivo de estar en el mejor estado de forma justo para la competición o competiciones más importantes[128].

MACROCICLO

Está compuesto por ciclos menores denominados mesociclos, el objetivo del macrociclo está centrado en la mejora de la forma deportiva, cada uno de los macrociclos se distingue por el objetivo y las tareas diferentes que se plantean, pero sobre todo, por las características de las cargas que se establecen[50].

MESOCICLO

Los mesociclos o ciclos medios son estructuras de organización del entrenamiento y a su vez están integrados por microciclos de diferentes tipos, que como mínimo debe de incluir dos; a continuación observamos su clasificación[50]:

- **Mesociclo Gradual:** Se destaca por un bajo nivel de intensidad y un aumento en el volumen de los ejercicios de la preparación general.
- **Mesociclo de Base:** Se caracteriza por un aumento notable de las cargas totales del entrenamiento en la etapa general o especial.

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

- **Mesociclo de Control y Preparación:** Forma de transición entre los mesociclos básicos y los de competencia con el fin de evaluar para dar con las deficiencias que hay que mejorar.
- **Mesociclo de pre – Competición:** Se utiliza en las etapas de preparación anteriores a la competencia fundamental, se toma en cuenta la altura, clima, nivel de los contrarios, la hora entre otros aspectos.
- **Mesociclo de Competición:** Ajustado a las competencias más importantes, en este tipo de mesociclos es mayor el contenido de un entrenamiento específico con alta o moderada intensidad.
- **Mesociclo de Restablecimiento Mantenedor:** Régimen moderado del nivel de entrenamiento alternando los medios generales, específicos y competitivos de modo que se estimulen los procesos de recuperación.
- **Mesociclo Preparatorio de Restablecimiento:** Se planifica después de la etapa competitiva para estimular un descanso activo que facilite la transición a un nuevo ciclo de entrenamiento.

MICROCICLO

Los microciclos o ciclos pequeños son estructuras de organización del entrenamiento y están constituidos por las sesiones de entrenamiento, pero no siempre, los microciclos duran una semana aunque es lo usual, a continuación observamos su clasificación[50]:

- **Microciclo Gradual:** Presenta un crecimiento uniforme de las cargas con volumen considerable y un nivel moderado de intensidad.
- **Microciclo de Choque:** Representa un crecimiento a la par del volumen y la intensidad de las cargas.
- **Microciclo de Aproximación:** Compuesto por elementos que se aproximan a la realidad de la competencia a afrontar.
- **Microciclo de Competencia:** Se establece según las fechas de competencia y se implementan sesiones de entrenamiento específicas.
- **Microciclo de Restablecimiento:** Se ejecuta al final de una serie de microciclos de choque o al final de una competencia, está destinado a asegurar la recuperación y la adaptación del organismo en los procesos de reposo activo.

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

Dentro de los microciclos se tienen las sesiones de entrenamiento, que se consideran como la estructura elemental o básica de todo el proceso de entrenamiento[50].

CARGA DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

La carga de entrenamiento es la suma de las actividades físicas y/o mentales que el atleta realiza en cuanto a volumen y a intensidad durante una sesión de entrenamiento y su respuesta biológica, lo que lleva al atleta en diferentes momentos a la adaptación, fatiga, supercompensación, forma deportiva, estabilización y pérdida de la forma deportiva[34]. La carga de entrenamiento tiene dos manifestaciones:

- **Carga Externa:** Medida de aquello que realiza el atleta. Se halla cuantitativamente mediante los componentes de la carga[134].
- **Carga Interna:** Reacciones biológicas de los sistemas orgánicos frente a la carga externa. Se mide mediante parámetros fisiológicos, químicos y psicológicos[134].

Los parámetros de la carga y su distribución es una de las partes más importantes que se deben de realizar en la planificación de un entrenamiento deportivo, puesto que se debe de distribuir de forma racional en el tiempo, en la cantidad y en la forma adecuada[131]; a continuación se exponen algunos de los componentes a tener en cuenta a la hora de definir la carga del entrenamiento.

- **VOLUMEN:**

Es un componente fundamental de la carga de entrenamiento, sobre todo en los deportes de larga duración; y constituye la base de la carga de trabajo del deportista de resistencia. Esta es una variable del entrenamiento que resulta muy fácil de cuantificar, ya que no es otra cosa que la distancia cubierta o el número de horas de entrenamiento en un fase determinada del plan de entrenamiento, ya sea una sesión, un microciclo, un mesociclo, un macrociclo o una temporada en su totalidad[130].

- **INTENSIDAD:**

Cantidad de energía gastada por minuto para realizar una tarea determinada; existen diferentes métodos que pueden ser útiles a la hora de cuantificar la intensidad del entrenamiento, algunos de estos métodos están basados en criterios objetivos, como la velocidad o la potencia; otros en criterios fisiológicos, como la frecuencia cardiaca, el consumo de

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

oxígeno o la concentración de lactato sanguíneo; y otros en índices subjetivos del esfuerzo, como la escala de esfuerzo percibido o percepción subjetiva de esfuerzo (*“Rating of Perceived Exertion”, RPE*)[130], resulta complejo medir el gasto energético en el campo, es aconsejable optar por alguna variable que guarde una estrecha relación con el gasto de energía y sea fácil de monitorizar[127].

■ FRECUENCIA:

La frecuencia del entrenamiento, al igual que el volumen, resulta fácil de cuantificar ya que es una variable que hace referencia al número de veces que el deportista se entrena en un periodo de tiempo determinado; la frecuencia y el volumen son variables de entrenamiento que guardan una estrecha relación, ya que el segundo puede aumentarse o disminuirse mediante variaciones de la primera[130].

Para determinar la distribución de la cargas del entrenamiento de manera correcta, es necesario tener en cuenta el comportamiento de la carga según el modelo de planificación escogido, en la figura 3.11 se presenta la conducta de los parámetros de la carga (volumen e intensidad) según los modelos de planificación más representativos.

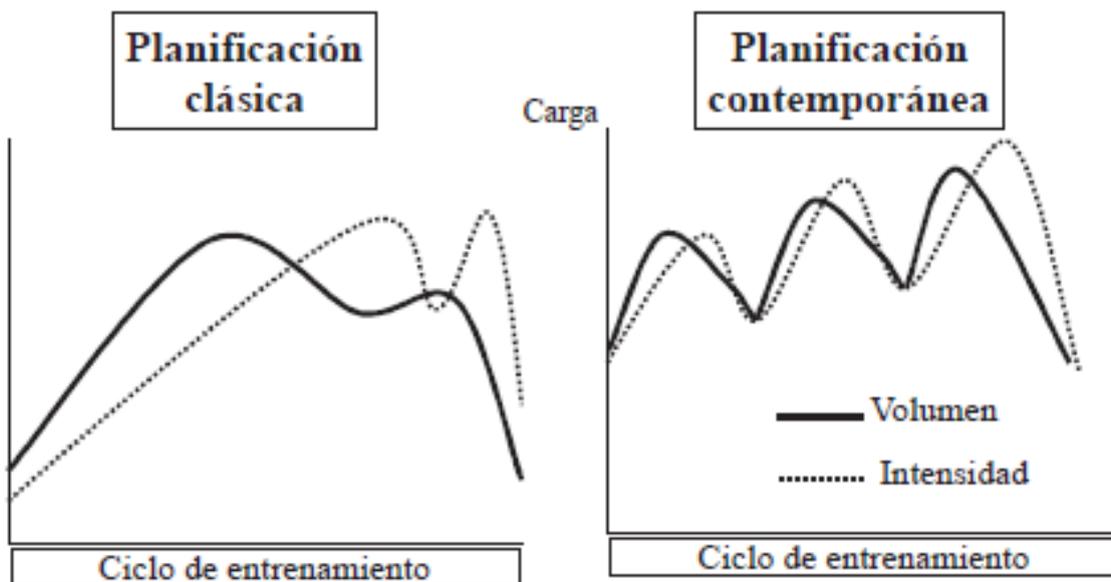


Figura 3.11: Comportamiento de la carga según el modelo de planificación.
Fuente [133].

3.7. CONTROL Y EVALUACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

El control y la evaluación revisten vital importancia para el deporte moderno, puesto que resulta la vía que poseen los entrenadores para retroalimentarse acerca de la efectividad de un periodo determinado de preparación que les permite trazar nuevas estrategias de planificación en aras de mejorar el rendimiento deportivo de sus pupilos[135]. La evaluación del entrenamiento deportivo, busca determinar si se han cumplido los objetivos fijados en la planificación del entrenamiento y establecer en qué medida; para lo cual, dicho proceso requiere de un control, a partir del registro y medición (cuantificación) de una o más variables fisiológicas o físicas (indicadores) mediante la realización del deportista de una o varias tareas motrices llamadas pruebas funcionales[50].

La evaluación deportiva, ha sido relacionada por García, Navarro y Ruiz[136], en cuatro momentos fundamentales[135]:

1. Evaluación del control de las cargas de entrenamiento (diario control individual de las cargas a las que se someten los atletas)[135].
2. Evaluación del modelo competitivo (en la actividad física y el deporte existe la praxiología, plantillas que cuantifican el comportamiento del deportista durante la competición, a través de la estadística deportiva)[135].
3. Evaluación del control de la evolución de la capacidad de rendimiento. Diferentes test de campo o de laboratorio que se utilizan para evaluar las facultades (capacidad física, habilidades técnico-tácticas, preparación técnica y experiencia) y la disposición para el rendimiento en los atletas: motivaciones personales[135].
4. La evaluación final del proceso de intervención. Se refiere a una evaluación integral de proceso de entrenamiento deportivo que permita controlar, sacar conclusiones al proceso y finalmente direccionar el próximo proceso[135].

3.7.1. RENDIMIENTO FÍSICO

El rendimiento físico, es la expresión del nivel físico alcanzado en cada momento, también recibe el nombre de “estado de forma o forma evolutiva”; el rendimiento se manifiesta durante

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

el periodo de entrenamiento como un proceso ondulatorio, que de forma ideal debe de ser ascendente hasta alcanzar la forma máxima[126], el rendimiento físico depende de la interacción de factores genéticos, estructurales, fisiológicos biomecánicos y psicólogo, que se traducen en habilidades y capacidades técnicas y tácticas muy sofisticadas y específicas a cada tipo de actividad física deportiva, estos factores o capacidades motrices, que se pueden clasificar en condicionales, coordinativas y cognitivas, son potenciados al máximo a través de un fenómeno adaptativo complejo denominado entrenamiento[50].

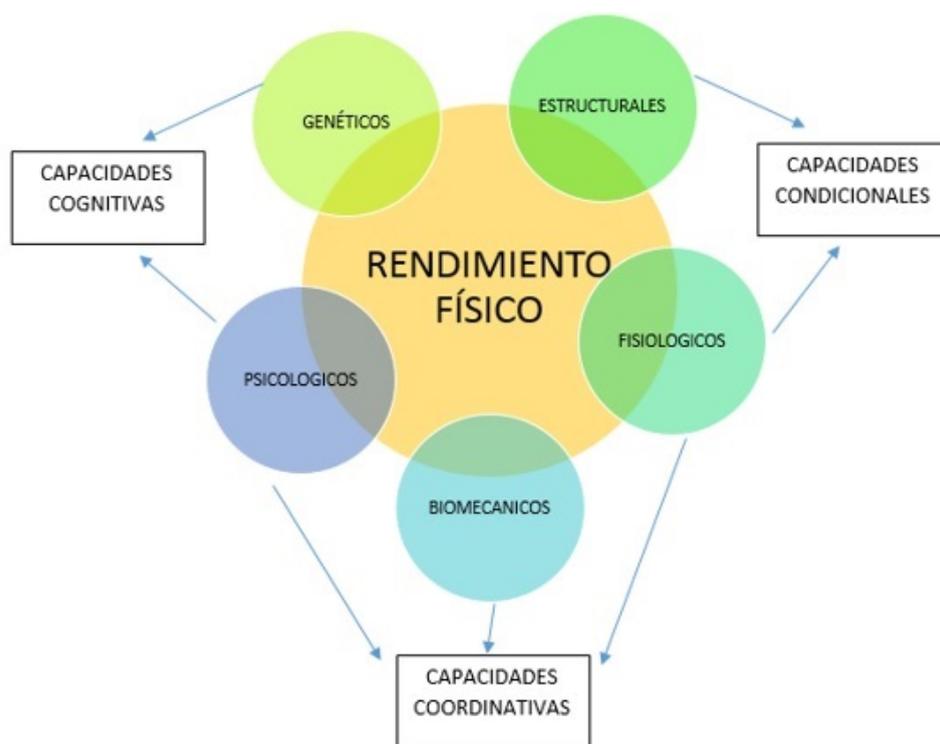


Figura 3.12: Factores de rendimiento físico.
Fuente [50].

3.7.2. INDICADORES DE RENDIMIENTO DEPORTIVO

Dentro del proceso de control y evaluación del rendimiento deportivo es preciso la utilización de indicadores y test de rendimiento los cuales aportan información de tipo técnica que al ser analizada e interpretada proporciona bases concluyentes para la determinación del estado de rendimiento deportivo del atleta. A continuación, se definen de manera muy general algunos de estos indicadores con el fin de conocer su importancia a la hora de evaluar el rendimiento de un deportista.

■ TEST DE CONTROL Y EVALUACION DE RENDIMIENTO:

Estos test o pruebas ocupan un importante lugar cuando las pruebas se convierten en parte orgánica del proceso de entrenamiento este adquiere nivel científico y deja de ser un experimento no controlado, pues el uso sistemático de estos instrumentos racionalizan los entrenamientos, posibilitando la determinación de las partes fuertes y débiles del deportista, permiten la normalización de la carga y la obtención del conocimiento de las particularidades individuales de los atletas[135]. Los test se pueden clasificar en algunos casos según su metodología por test de campo, test de laboratorio, test metabólicos entre otros.

A continuación, se mencionan los test más representativos utilizados en el control y evaluación del rendimiento deportivo especialmente en el ciclismo agrupándose según el indicador o variable de acuerdo a la capacidad física:

- Control de FC: Test de Ruffer-Dickson.
- Control de la Flexibilidad: Protocolo de Wells y Dillon.
- Control de la Potencia: Test de Wingate, test de Conconi, test de Margaria Kalamen, test de pedaleo único de Ayalon, test de campo potencia anaeróbica-aláctica, test en puerto.
- Control de Resistencia Aeróbica: Test de los dos kilómetros, test Course-Navette, test de ciclismo de Cooper,
- Control de la fuerza: Sentadilla por minuto, semitendido facial por minuto, abdominales por minuto, Test de fuerza de frenado-velocidad en el cicloergometro,

■ FRECUENCIA CARDIACA (FC):

La frecuencia cardiaca se puede definir como el número de contracciones ventriculares efectuadas por el corazón en un minuto, medida generalmente por latidos por minuto (lat-min) o pulsaciones por minuto (ppm)

■ VO2MAX:

El consumo de oxígeno máximo (VO2Max), es la capacidad máxima que tiene el organismo para captar, transportar y utilizar oxígeno a través de los sistemas pulmonar, cardiovascular y muscular; el nivel de consumo de oxígeno está directamente relacionado con la intensidad de actividad realizada, por lo tanto el VO2Máx indica la capacidad máxima que tiene la persona a la hora de realizar una actividad aeróbica[4]. El consumo de oxígeno porcentual permite una comparación más significativa de las intensidades de

entrenamiento de deportistas de diferente masa corporal y nivel de rendimiento competitivo[130].

■ **POTENCIA:**

La potencia es también un factor clave para el rendimiento deportivo en ciclismo; hace referencia a la fuerza aplicada en un ciclo de pedaleo y es la responsable de la propulsión de la bicicleta hacia adelante, su componente fundamental será la fuerza aplicada sobre el pedal[137].

■ **CADENCIA:**

La cadencia es la frecuencia con la que el ciclista aplica fuerzas sobre los pedales durante el esfuerzo, es sin duda el factor determinante de rendimiento dado que condiciona y está condicionada por múltiples de los factores que afectan al rendimiento en ciclismo: ambientales, metabólicos, psicológicos y biomecánicos; por lo cual la cadencia es uno de los elementos de que dispone el ciclista para regular su potencia de trabajo[137].

■ **GASTO ENERGETICO:**

Se considera como un proceso biológico de producción de energía, cuyo origen es la transformación de la energía química obtenida por los alimentos consumidos a través de la combustión de sustratos como hidratos de carbono, lípidos y proteínas; en este proceso se consume Oxígeno (O₂) y se produce Dióxido de Carbono (CO₂)[4].

■ **PERCEPCION DEL ESFUERZO RPE:**

La RPE se podría definir como la intensidad del esfuerzo percibido, stress o sensación de disconfort durante la práctica de la actividad física; diferentes escalas de RPE son utilizadas durante la práctica de la actividad física, la más habitual es la escala de Borg que establece una puntuación entre 1 y 10, aunque también se encuentra la escala de OMNI válida para la bicicleta y específica para sujetos adultos, contiene descriptores numéricos y gráficos[125].

3.7.3. ESTADISTICA APLICADA AL DEPORTE

Las investigaciones aplicadas en el deporte están estrechamente ligadas a la solución de problemas científicos de la preparación de deportistas altamente calificados; la solución de muchos de estos problemas permite hacer más eficaz el control de la preparación de los deportistas y obtener un nivel más alto de los alcances deportivos[138], por lo tanto la utilización de métodos estadísticos toma un rol importante en los procesos de

CAPÍTULO 3. REFERENCIAS CONCEPTUALES

investigación, pues aportan un conjunto de datos los cuales al ser analizados permiten lograr establecer la veracidad de las hipótesis propuestas durante la investigación.

La estadística se puede definir como el arte y la ciencia de extraer información útil y relevante de un conjunto de datos empíricos [139]; su contribución a la preparación del deportista se basa en aplicar modelos estadísticos que permitan:

- Obtener una información objetiva sobre la caracterización de los atletas en las diferentes etapas de su preparación[138].
- Obtener una información objetiva de la actuación de los atletas y del equipo frente a sus adversarios[138].
- Más exactitud en el pronóstico del rendimiento deportivo[138].
- Hacer de los test elaborados o adaptados por los entrenadores de acuerdo a la especificidad de su deporte verdaderos instrumentos de recogida de información confiable para el perfeccionamiento del control del estado de preparación de los atletas y garantizar a la vez la correcta validación de los mismos[138].
- Utilizar nuevos sistemas metodológicos de preparación tras la comprobación estadística de su efectividad[138].

Si no se tiene en cuenta lo que aporta la utilización de modelos estadísticos a la solución de muchos problemas en el deporte, los resultados en la preparación deportiva están más sujetos a la casualidad y no a la causalidad; concluyendo, que por lo general un control científico del proceso del entrenamiento deportivo exige el uso adecuado de modelos estadísticos[138], además, de facilitar la recolección y organización de los datos en el desarrollo del entrenamiento deportivo, posibilitando conocer si se han cumplido o no los objetivos trazados, retroalimentando al entrenador y permitiendo al mismo que estos modelos sirvan como herramienta de trabajo en su labor profesional.

Capítulo 4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El diseño general del prototipo consta de una bicicleta montada en un rodillo o ciclo – simulador, el cual es una plataforma fija que permitirá que la bicicleta este fija en la posición y no sufra de ladeos por falta de equilibrio además conformado por un rodillo que facilita el movimiento de la rueda; la bicicleta sujeta un dispositivo para la adquisición de datos que permite medir las variables de frecuencia cardiaca promedio, frecuencia cardiaca máxima, velocidad promedio, velocidad máxima, cadencia promedio, cadencia máxima, distancia recorrida y tiempo transcurrido de la prueba utilizando sensores ubicados en la bicicleta y en el competidor, las medidas se registraran en una archivo y se extraerán en una memoria micro SD para su gestión mediante el uso de un aplicativo software; también el dispositivo de adquisición de datos permite el control y la comunicación con el entorno de realidad virtual estableciendo la visualización a partir del uso de unas gafas que permiten en conjunto con un dispositivo celular proyectar el entorno, finalmente el recorrido de la bicicleta dentro del entorno y las medidas registradas se monitorearan a través de la pantalla de un computador.

4.1. DISEÑO MECÁNICO

A continuación, se describe de manera concisa las características de los componentes mecánicos utilizados, además de las metodologías propuestas para la integración de los mismos. De acuerdo a lo anterior se procede a exponer cada uno de los elementos que participan en el desarrollo del dispositivo en general, describiendo sus características más importantes y su funcionalidad dentro del prototipo final.

4.1.1. RODILLO CICLO SIMULADOR

A partir de la construcción del estado del arte y el análisis de los artículos relacionados a la temática, se encontraron distintos tipos de rodillos y ciclo simuladores como por ejemplo rodillos de equilibrio, estáticos, magnéticos, de transmisión directa, de fluidos entre otros, para lo cual fue necesario para su escogencia tomar en cuenta las características generales y las necesidades del ciclismo indoor, acompañados de las exigencias del prototipo; definiendo así los siguientes requerimientos:

Un rodillo que permita al usuario entrenar en la comodidad de su casa o en un lugar de entrenamiento el cual este bajo techo protegido de la lluvia, que sea estático para la adición correcta de los dispositivos de medición y virtualización, que permita la ejecución de cambios de esfuerzo en la cicla en una aproximación inmediata, de bajo costo, adaptable a las bicicletas de ruta contrarreloj y por último que sea propicio para la realización de una serie de modificaciones de tipo mecánicas y electrónicas. Teniendo en cuenta los requerimientos anteriormente comentados, se determinó que el rodillo o ciclo-simulador que más se adecua a las características provistas es el Trainer con regulador de marca Prodalca (ver figura 6.9), en el cual se posicionara la bicicleta y el resto de dispositivos.



Figura 4.1: Ciclo simulador Prodalca. Fuente propia.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

La siguiente tabla presenta las especificaciones del ciclo simulador:

RODILLO TRAINER CON REGULADOR PRODALCA
DESCRIPCIÓN: El personal Trainer con Regulador funciona en bicicletas de ruta y en todo terreno hasta Rin 27.5, se necesita llave de aguja redonda para su buen funcionamiento.
DETALLES TÉCNICOS: <ul style="list-style-type: none">- Referencia: TL110.- Materiales de Fabricación: Acero especial y pintura electrostática, cauchos antideslizantes, tornillería en acero especial y disco de acero.- Peso: 5.7 Kilogramos (aproximadamente) incluye empaque individual.- Medidas: Alto 42.5 – Largo 54.4 – Ancho 11 (cm).
BENEFICIOS: <ul style="list-style-type: none">- Es plegable y esta diseñado para no utilizar ningún tipo de herramienta para su uso, el procedimiento es totalmente manual, viene totalmente ensamblado, es muy fácil y práctico de utilizar.- Se pueden realizar trabajos que le permitan desarrollar masa muscular.- Es un dispositivo para ser adaptado a Ciclo - Simuladores.

Tabla 4.1: Características del rodillo trainer con regulador Prodalca.

4.1.2. PIEZAS 3D

Para el ajuste de los dispositivos electrónicos a la bicicleta se requirió de tres diferentes piezas de soporte, pretendiendo fijar de manera ajustada cada elemento, para lo cual se implementó mediante el programa 3D Builder versión 16.0.2611.0 los diseños 3D de cada una de las piezas (ver anexo A), teniendo en cuenta los requerimientos en cuanto a las medidas de la bicicleta, los sitios de ubicación, entre otros. Posteriormente con base a los diseños implementados, se procedió a la impresión 3D de cada pieza obteniendo como resultado los elementos de la figura 4.2.

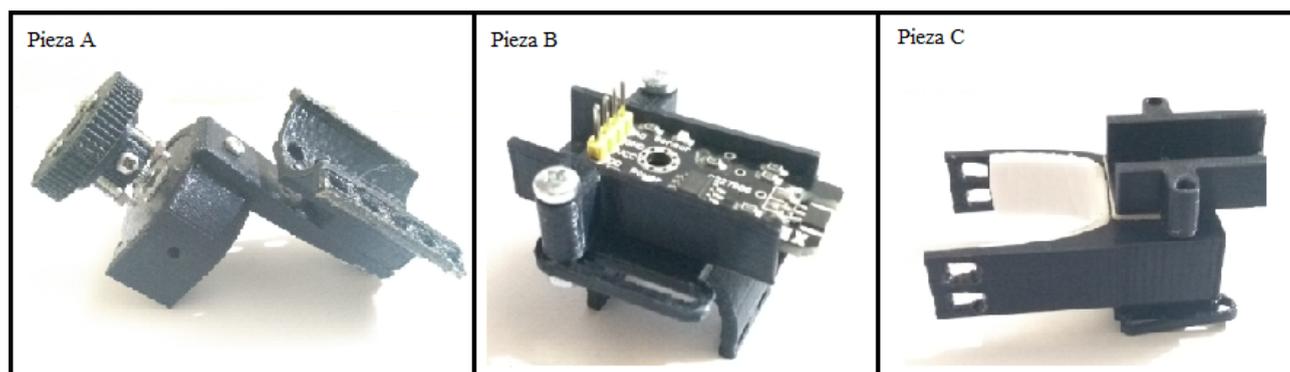


Figura 4.2: Resultado final piezas 3D. Fuente propia.

En la anterior figura, se pueden observar 3 piezas distintas: la pieza A permite el ajuste del potenciómetro un mecanismo con el cual se busca medir y controlar el giro del manubrio de la bicicleta y las piezas B, C que representan los soportes de los dos sensores de efecto hall restantes que tienen la función de medir las variables de velocidad, distancia y cadencia. Los archivos de los modelos finales de las piezas 3D diseñados se pueden observar en los anexos digitales.

4.2. DISEÑO ELECTRONICO

En este apartado se describe de manera clara las características de los elementos y dispositivos electrónicos utilizados, además de los lineamientos que se utilizan para la integración eficaz de los mismos exponiendo cada uno de los elementos que hacen parte del prototipo final describiendo sus características y su funcionalidad.

4.2.1. MONITOR RITMO CARDIACO AD8232

El monitor de ritmo cardiaco AD8232 está diseñado para realizar la captura de datos de la señal ECG (señal de electrocardiograma), es decir, se utiliza para medir la actividad eléctrica del corazón; las características del integrado AD8232 le permiten extraer, amplificar y filtrar pequeñas señales bipotenciales en presencia de condiciones ruidosas; dentro del monitor existe también un amplificador operacional que permite que se cree un filtro de paso bajo y de tres polos para eliminar el ruido adicional presente como los creados por algún movimiento muscular, ruidos eléctricos, separación de los electrodos, la piel, entre otros[140][141]. Mediante la utilización de este sensor se registra y reconstruye la señal ECG con la cual se realiza la estimación de las variables de frecuencia cardíaca promedio y frecuencia cardíaca máxima.

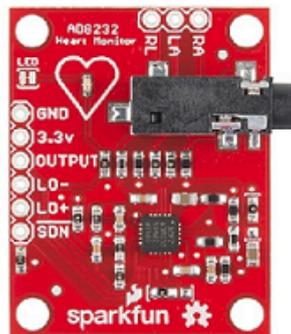


Figura 4.3: Monitor cardíaco AD8232.

PIN	FUNCIONAMIENTO
1: GND	Tierra.
2: VCC	Fuente de Alimentación 3.3v.
3: OUTPUT	Señal de Salida Analógica
4: LO-	Señal de Salida Digital.
5: LO+	Señal de Salida Digital.
6: SDN	Apagar.
7: RA	Conexión Brazo Derecho.
8: LA	Conexión Brazo Izquierdo.
9: RL	Pierna Derecha.

Tabla 4.2: Especificaciones monitor cardiaco AD8232.

ELECTRODOS Y SU LOCALIZACIÓN

Los electrodos, son dispositivos o elementos que se ponen en contacto con el paciente para la obtención de la actividad eléctrica del corazón, permiten captar la información eléctrica para la impresión y análisis de la señal ECG; ahora bien, para medir estas señales bioeléctricas se suelen utilizar electrodos de Ag/AgCl, más conocidos como electrodos descartables (ver figura 4.4), debido a que reúnen algunas características ventajosas en cuanto a la obtención y construcción de una señal ECG limpia y clara.

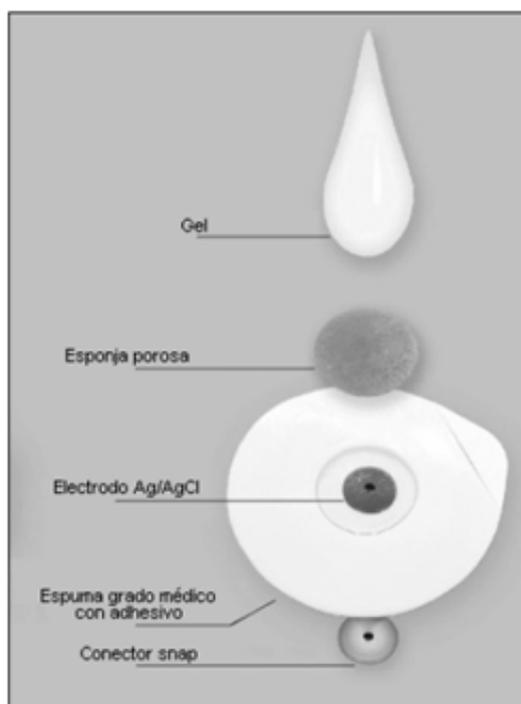


Figura 4.4: Electrodo descartable. Fuente [3].

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

La ubicación de los electrodos es de suma importancia para la consecución de una señal correcta, en este caso se utilizan 3 electrodos, su localización se distingue dependiendo del color y se puede observar en la figura 4.5.

- **F(Foot):** Parte inferior izquierda, en la zona de los serratos.
- **L(Left):** Parte superior izquierda, zona entre el pecho y la clavícula.
- **R(Right):** Parte superior derecha, zona entre el pecho y la clavícula.

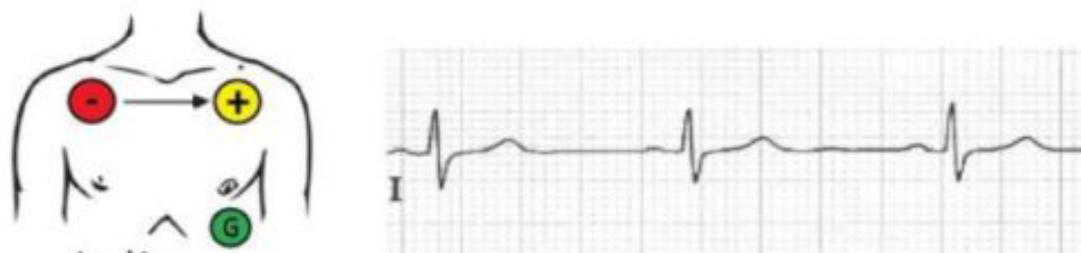


Figura 4.5: Ubicación de electrodos dependiendo de su color. Fuente [3].

Los electrodos se conectan al cable jack de la figura 4.6 que a su vez está conectado al sensor AD8232 que funcionando en conjunto buscaran obtener la señal ECG para su posterior tratamiento.



Figura 4.6: Cable jack de conexión a AD8232 y electrodos tipo broche. Fuente propia.

4.2.2. MODULO SENSOR DE EFECTO HALL

El modulo sensor magnético de Efecto Hall está basado en el sensor M44, cuenta con un led indicador de voltaje de alimentación y otro led indicador de censado, dispone de una salida digital para ser utilizado como interruptor, contabilizador o simplemente como señal digital, además de contar con una salida analógica que puede ser utilizada como medida de la fuerza del campo magnético, entre otras aplicaciones; presenta compatibilidad con tecnologías como Arduino, PIC, AVR, DSP, STM32, COP, Raspberry, etc.; dentro de sus características maneja una corriente de salida del comparador de 16mA, su funcionamiento depende de una fuente de alimentación entre 0 - 15 VDC y tiene un tamaño aproximado de 36 x 16 mm[142].



Figura 4.7: Modulo sensor de efecto hall.
Fuente propia.

PIN	FUNCIONAMIENTO
1: AO	Señal de Salida Analógica.
2: GND	Tierra.
3: VCC	Fuente de Alimentación.
4: DO	Señal de Salida Digital.

Tabla 4.3: Especificaciones de conexión del sensor de efecto hall.

Dentro del prototipo se recurre al uso de 2 sensores de efecto hall los cuales tendrán la capacidad de medir las variables de distancia, cadencia y velocidad mediante una estimación gestionada a partir del uso de los mismos como contabilizadores y un código de programación que permitirá en base a esas mediciones encontrar un valor cercano y estimado de las variables requeridas.

4.2.3. TARJETA ARDUINO AT MEGA 2560

Arduino Mega 2560, es una tarjeta de desarrollo open-source, construida con base a un microcontrolador Atmega2560, que posee pines de entrada y de salida (E/S) de tipo analógicas y digitales; esta tarjeta es programada en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring, puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede comunicarse por un PC a través de puerto serial utilizando lenguajes de programación como Flash, Processing, MaxMSP, etc, o también utilizando el lenguaje propio de Arduino junto con la interfaz Arduino IDE y es compatible con la mayoría de Shields (módulos de sensores diseñados para Arduino)[143].



Figura 4.8: Arduino mega 2560.

Especificaciones de la tarjeta arduino:

TARJETA ARDUINO MEGA 2560	
ITEM	DESCRIPCION
Microcontrolador:	ATmega2560.
Voltaje Operativo:	5V.
Voltaje de Entrada:	7-12V.
Voltaje de Entrada (límites):	6-20V.
Pines Digitales de E/S:	54 (15 proveen salida PWM).
Pines Analógicos de Entrada:	16.
Corriente DC por cada pin de E/S:	40mA.
Memoria Flash:	256 KB.
SRAM:	8 KB.
EEPROM:	4 KB.
Velocidad del Reloj:	16 Mhz.

Tabla 4.4: Características tarjeta arduino mega 2560.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Se utilizan 2 tarjetas de desarrollo arduino, en las cuales se implementa la adquisición de datos y la comunicación y control del entorno de realidad virtual, estas tarjetas conforman un sistema general donde se interconectan diferentes elementos y sensores que permiten medir, guardar y extraer las estimaciones de las variables y la funcionalidad del entorno de realidad virtual en base a los movimientos accionados en la bicicleta, están comunicados mediante un protocolo de comunicación serial que permite el desarrollo adecuado del entorno de realidad virtual y la monitorización de las variables de interés.

4.2.4. MÓDULO MICRO SD

Es un módulo de tarjeta micro SD de lectura y escritura el cual cuenta con un regulador de 3.3V, un juego de palancas de cambio que hacen seguro la interfaz con la mayoría de los microcontroladores de 5V y 3.3V, incluyendo arduino uno, Leonardo, mega, entre otros. El modulo usa una interfaz SPI para comunicación y también compatible con la biblioteca estándar de tarjetas arduino SD incorporada en IDE de arduino.

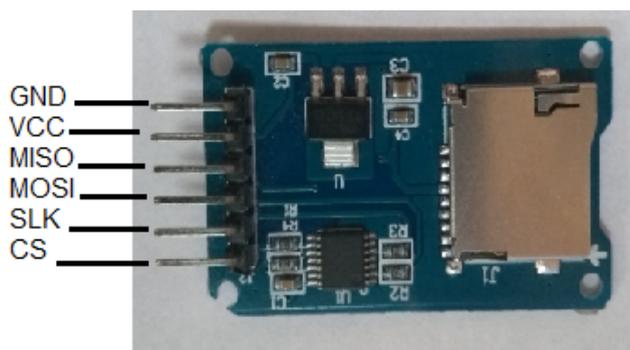


Figura 4.9: Módulo Micro SD.

MODULO MICRO SD	
ITEM	DESCRIPCIÓN
Tarjeta SD admitida	Micro SD hasta 2GB.
Plataformas compatibles	Placas compatibles para Arduino Uno R3 / Leonardo / Mega 2560 entre otros.
Poder	VCC 4.5 ~ 5.5V
Circuito del regulador de voltaje aborto	3.3V
Corriente	0.2 ~ 200mA
Nivel de lógica de interfaz	3.3V / 5v
Interfaz	SPI estándar.

Figura 4.10: Características del módulo micro SD.

El modulo Micro SD constituye un papel importante dentro del prototipo pues tiene la función de recopilar las mediciones registrándolas en un archivo de texto el cual se escribirá en una micro SD de 2GB para su posterior análisis en el aplicativo software.

4.2.5. CICLOCOMPUTADORA SIGMA BC 23.26 STS

La Ciclocomputadora Sigma 23.16 sts, es un dispositivo electrónico utilizado especialmente en la práctica del ciclismo, el cual permite realizar mediciones en relación al desempeño deportivo del ciclista, su carcasa presenta unas medidas de altura de 66,5 mm, un ancho de 44 mm y una profundidad de 12,5mm; su display por otro lado es de 30 mm de altura y 45mm de ancho; para su correcto funcionamiento debe de estar acompañado de un kit de sensores y transmisores entre los cuales están un transmisor pectoral textil para frecuencia cardiaca STS (R1 STS COMFORTEX+), un imán potente, un soporte para el manillar (ATS/STS 2450), un kit de transmisor de cadencia de pedaleo STS Y un transmisor de velocidad STS; como funciones generales puede realizar mediciones de distancia, velocidad, tiempo, calorías, altitud, frecuencia cardiaca, cadencia de pedaleo, potencia, temperatura, entre otras más, con algunas variantes de las mismas[144].



Figura 4.11: Ciclocomputadora sigma BC 23.16 sts y accesorios.

La Ciclocomputadora Sigma 23.26 sts, tiene como función su uso en los procesos de medición de las variables de interés durante las pruebas de entrenamiento, registrando y guardando las medidas para su posterior análisis, además de servir como dispositivo de referencia para comparar las medidas resultantes que arroja el prototipo funcional de entrenamiento de realidad virtual permitiendo determinar la valides de la estimación de las medidas.

4.2.6. GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL

Teniendo en cuenta el previo análisis de los artículos recopilados durante la construcción del estado del arte y a partir de una revisión exhaustiva de la variedad de gafas de RV que se pueden encontrar en el mercado, se logró seleccionar las gafas de RV de la figura 4.12, las cuales cumplen con las características básicas en cuanto a funcionalidad, además de las necesidades que demanda el proyecto de investigación.



Figura 4.12: Gafas de RV. Fuente propia.

Las gafas de realidad virtual presentadas y anteriormente descritas permiten la visualización del entorno de realidad virtual en conjunto con un dispositivo móvil reproduciendo el entorno de RV mediante el uso de un computador el cual conectado por protocolo de comunicación serial permite la transmisión del entorno creado.

4.2.7. POTENCIÓMETRO

Un potenciómetro, es un dispositivo el cual está compuesto por dos resistencias, las cuales poseen valores que pueden ser modificados; existen diferentes tipos de potenciómetros entre los cuales se destacan los potenciómetros de ajuste, de mando, digitales y multivuelta; en la figura 6.1 se observa un potenciómetro de mando tipo rotatorio de 10k Ohmios, que hace parte de los componentes necesarios para el desarrollo del prototipo final.

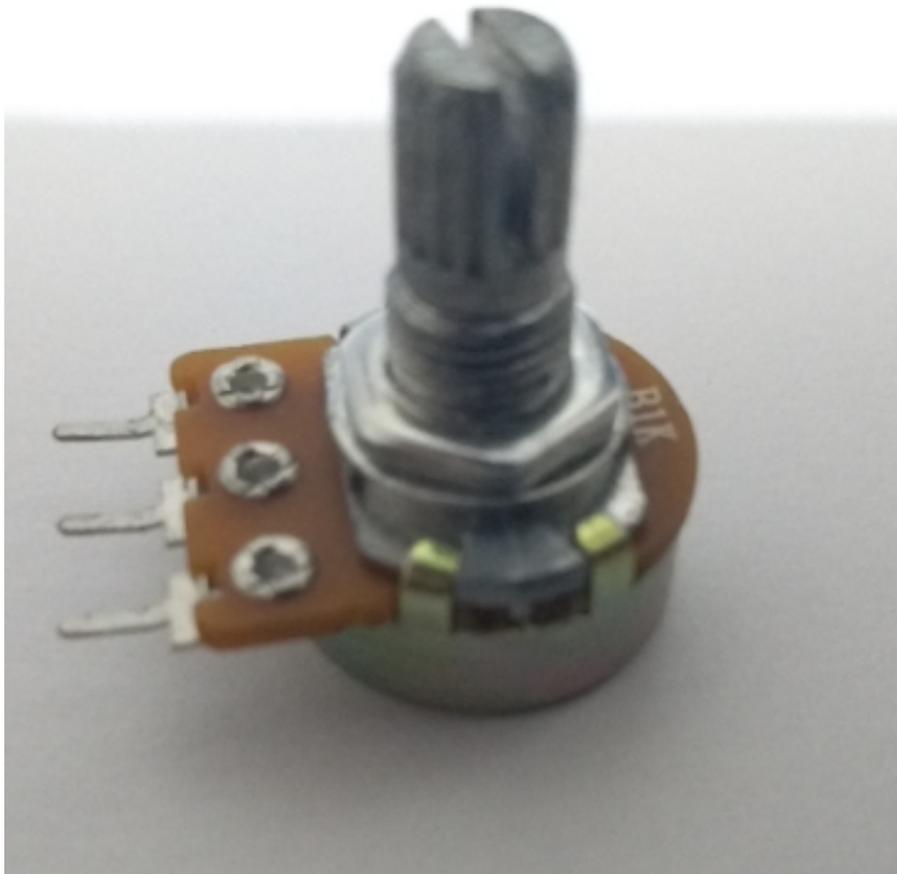


Figura 4.13: Potenciómetro de mando rotatorio de 10k ohmios.
Fuente propia.

El potenciómetro se integra con el mecanismo de una pieza 3D adaptada en el manillar o manubrio de la bicicleta, que mediante una banda o polea alteran el valor de resistencia del potenciómetro de tipo rotatorio ese valor es caracterizado y gestionado en el entorno de RV a través de la tarjetas de desarrollo permitiendo representar el movimiento del manillar en el entorno de RV visualizado a través de las gafas.

4.2.8. IMPLMETACIÓN

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA

Para el diseño del prototipo de las PCB's se empleó un diagrama esquemático con base en los requerimientos del sistema, especificando las respectivas conexiones de los sensores y dispositivos que componen la placa mediante el uso del software "Proteus" versión 8.6, dando como resultado el esquema circuital de la figura 4.14.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

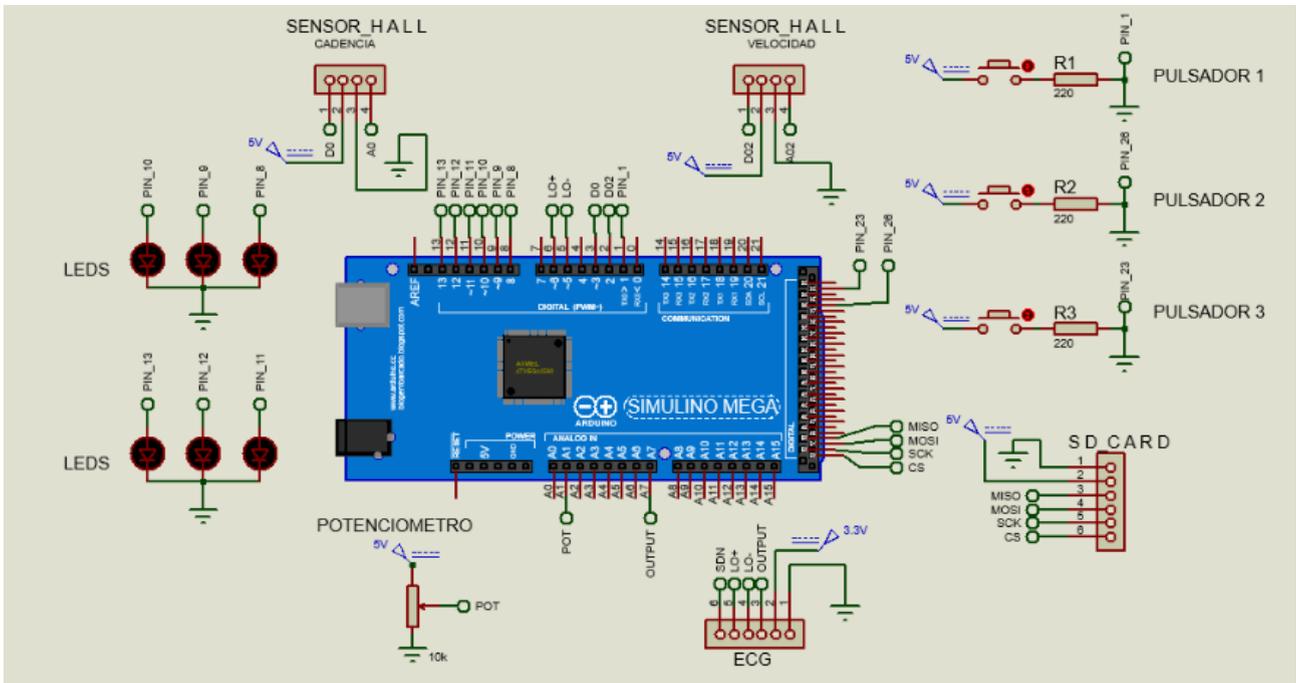


Figura 4.14: Esquema Circuital de la placa.

La figura 4.15 presenta un diseño 3D de la placa, el cual permite observar de manera específica un esbozo tentativo de lo que sería las PCB's resultantes.

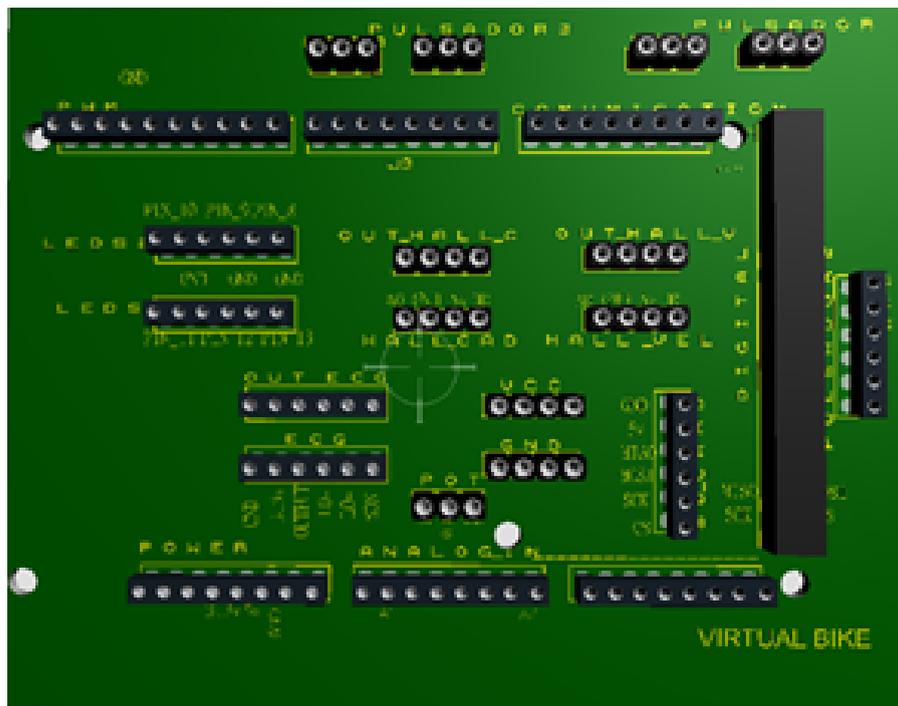


Figura 4.15: Diseño 3D de la placa.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Después de la obtención del esquema circuital, se preparó el esquema de impresión, el cual proporciona la ubicación de cada componente, sus dimensiones, encapsulados y pistas que unen cada pin; lo anterior se observa en la figura 4.16:

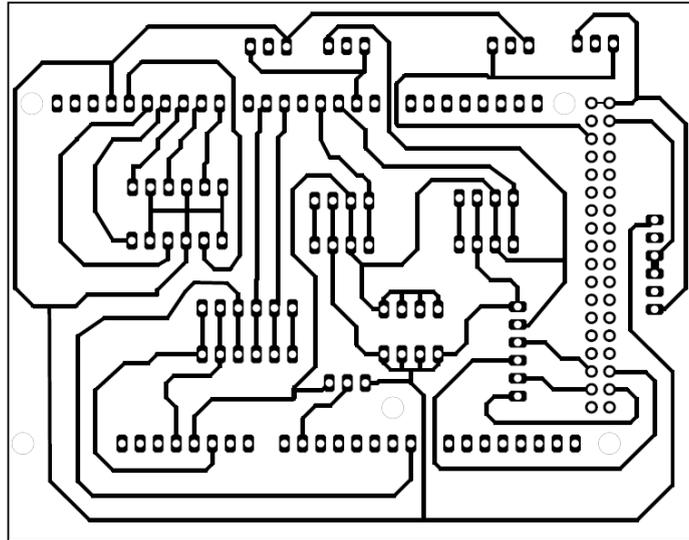


Figura 4.16: Esquema de impresión de la placa.

En las figura 4.17 se presentan las placas terminadas como producto de la utilización de la técnica de planchado, que consiste en la transferencia del diseño circuital a la placa de cobre, seguida de la eliminación del cobre a partir del uso del ácido; terminando con el empalme de los componentes finales.

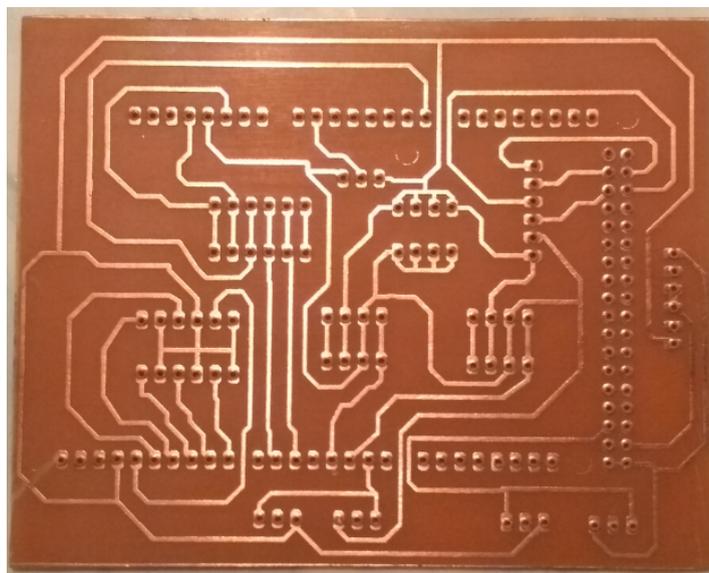


Figura 4.17: Placa del circuito terminada.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Por último se verificó la correcta implementación de todos los componentes que hacen parte del sistema, revisando el cumplimiento de las especificaciones respectivas. Como resultado se presenta la figura 4.18 que denota el producto final, resaltando que el sistema arroja el resultado en un dispositivo de almacenamiento de tipo Micro Sd Card en un archivo de texto en formato txt.



Figura 4.18: Placa del circuito terminada.

TRATAMIENTO DE DATOS

- **ESTIMACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDIACA** Para calcular o estimar la frecuencia cardiaca, es de prioridad identificar los pulsos de la señal ECG adquirida; la señal ECG se caracteriza por componerse de distintas ondas entre las cuales están la onda P, el complejo QRS, la onda T, y la onda U, como se muestra en la figura 4.19:

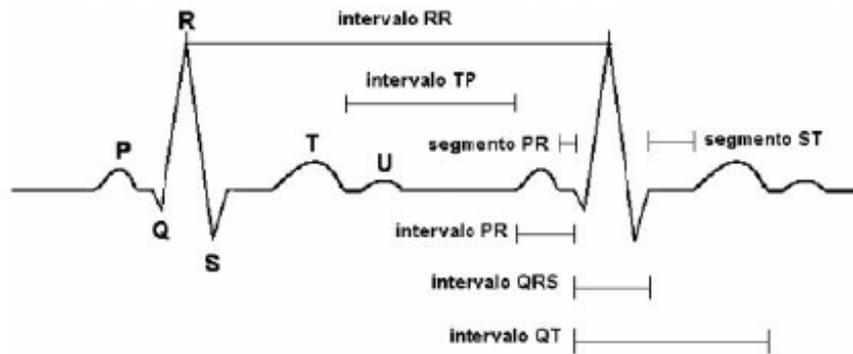


Figura 4.19: Componentes de la señal ECG. Fuente [4].

A continuación se describe de manera general los componentes de la señal ECG:

- Onda P: Es la señal eléctrica que corresponde a la contracción auricular, ambas aurículas derecha e izquierda, se contraen simultáneamente[145]. Primera onda de un ciclo cardíaco, la cual presenta la señal de activación de las aurículas que impulsan la sangre hacia los ventrículos.
- Complejo QRS: Es la característica más importante de la señal ECG, ya que representa la activación de ambos ventrículos, y está formado por las ondas QRS [4].
- Onda T: Representa la repolarización de los ventrículos[145].
- Onda U: Tiene un origen fisiológico poco claro, se piensa que esta onda se produce por la recuperación del sistema de conducción intraventricular [4].
- Intervalo PR: Hace referencia al tiempo de activación auricoventricular y el tiempo necesario para la despolarización auricular [3].
- Intervalo ST: Representa el tiempo entre el final de la activación ventricular y el inicio de la recuperación ventricular [4].

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- Intervalo RR: Corresponde al intervalo de tiempo entre la onda R de un complejo QRS y la onda R del siguiente complejo QRS, representando la frecuencia cardiaca por minuto [4].

Ahora bien, conociendo los componentes de la señal ECG, se puede reconocer que para realizar la estimación de la FC es de interés la identificación y el buen tratamiento de la onda R, dado que el intervalo RR representa las pulsaciones por minuto; por lo cual, se procedió a diseñar el algoritmo mediante la herramienta software “Matlab” apoyados en la investigación “*Propuesta de sistema electrónico para la estimación del gasto energético en actividad física*”[4]. Para el algoritmo, primeramente se realizó la caracterización del sensor, con el fin de fijar el rango de valores que puede alcanzar la onda R, ya identificado este rango de valores se implementó el código, en donde se hace un recorrido dato a dato de la señal adquirida reconociendo la onda R en base a comparaciones y eliminando el resto de componentes que hacen parte de la señal ECG (volviéndolos cero), el resultado final se puede observar en la figura 4.20, donde se traslapan las gráficas con el fin de evidenciar el correcto funcionamiento de la algoritmia implementada.

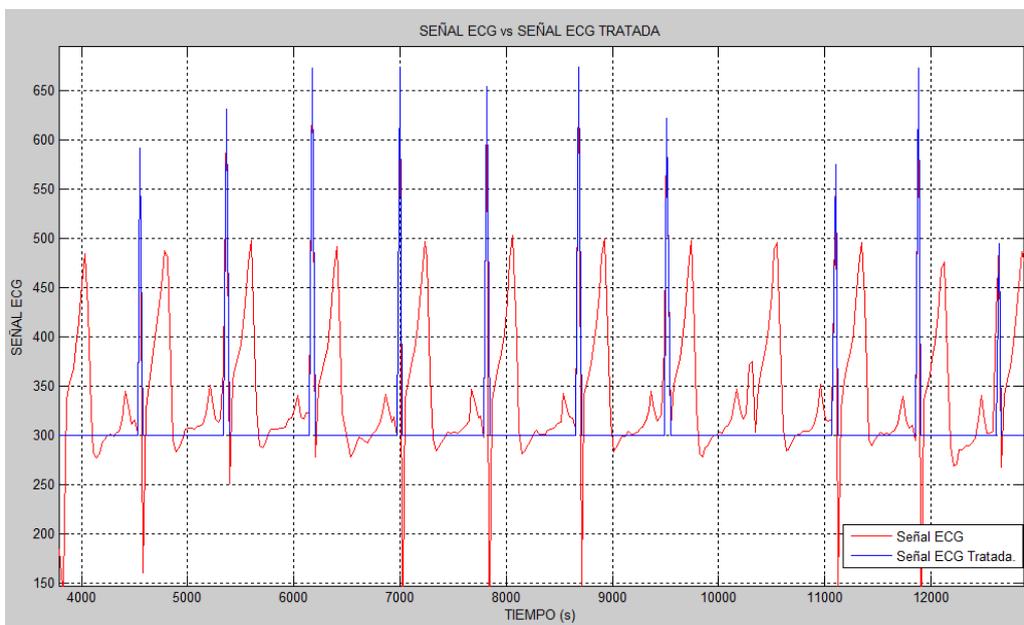


Figura 4.20: Señal ECG: Detección de la onda R.

Partiendo de la detección de la onda R se realizó el cálculo de la FC; para esto, se utilizó el intervalo de tiempo entre las ondas R obteniendo así la FC cada minuto, luego de esto se utilizó los comandos de Matlab “*mean*” y “*max*” que sirven para calcular el promedio y el valor máximo de un grupo de valores respectivamente;

todo este tratamiento y cálculo de datos se recopilan en el aplicativo software que se presentara en los apartados siguientes.

- **ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA Y VELOCIDAD**

Para la estimación de los valores de distancia recorrida durante la prueba se procedió mediante la utilización de una cinta métrica la medición de la distancia que puede alcanzar el movimiento de una vuelta de la llanta trasera de la bicicleta, se debe fijar una marca en el rin que indicara el inicio y final de cada vuelta (perímetro). Seguidamente se posiciona un imán en la marca fijada anteriormente, el cual al pasar por el sensor de efecto hall (debidamente ubicado) marcara un cambio o una interrupción. El sensor de efecto hall registra el cambio de cada paso del imán enviando dicha interrupción a la tarjeta de adquisición, donde se acumula en una variable cada interrupción hasta terminar la prueba (ADistancia). En la etapa de gestión a partir del aplicativo software se realiza el cálculo de la distancia; las instrucciones en el aplicativo constan de un simple cálculo, el cual multiplica el valor final de la variable acumulada por el valor del recorrido de una vuelta del rin (perímetro) (ver figura 4.21).

$$\textit{Distancia} = \textit{Vueltas} \times \textit{Perimetro de la rueda}$$

Figura 4.21: Fórmula para calcular la distancia.

Ahora bien, para el cálculo de la velocidad se inició registrando los valores del tiempo y de las interrupciones durante la prueba; a partir de esos datos se implementó un código donde mediante el uso de un ciclo for, se recorre la variable tiempo y la variable interrupciones calculando las RPM (revoluciones por minuto) de la velocidad por cada minuto transcurrido durante la prueba (rpm_velocidad). Después del cálculo de las revoluciones por minuto se procede a calcular la velocidad angular en cada minuto de la prueba, a partir de la formula representada en la figura 4.22.

$$\textit{Velocidad Angular} = \frac{(\textit{rpm_velocidad} \times 2 \times \pi)}{60}$$

Figura 4.22: Fórmula para calcular la velocidad angular.

Seguidamente con base en los resultados obtenidos en el cálculo de la velocidad angular se procede a calcular la velocidad lineal a partir de la fórmula de la figura 4.23, obteniendo la velocidad lineal en cada minuto de la prueba.

$$Velocidad\ Lineal = \frac{(Velocidad\ Angular \times radio\ bicicleta) \times 3600}{1000}$$

Figura 4.23: Fórmula para calcular la velocidad lineal.

Finalmente, haciendo uso de los comandos de Matlab “mean” y “max” se calculan los valores resultantes de Velocidad promedio y Velocidad máxima respectivamente(ver figura 4.24)

```
DISTANCIA = (VUELTAS* PERIMETRO);      %%% DISTANCIA EN METROS
DISTANCIA = (DISTANCIA/1000);          %%% DISTANCIA EN KILOMETROS
VELOCIDAD_A = ((RPM_V *(2 * 3.1416))/60); %%% Rad\Seg
VELOCIDAD_L = (((VELOCIDAD_A * RUEDA)*3600)/1000); %%% Kilometro/Hora
VELOCIDAD_PROM = mean(VELOCIDAD_L);    % VELOCIDAD PROMEDIO
VELOCIDAD_MAX = max(max(VELOCIDAD_L)); % VELOCIDAD MAXIMA
```

Figura 4.24: Apartado del código implementado en Matlab.

- **ESTIMACIÓN DE LA CADENCIA**

Para calcular la estimación de la cadencia, se posiciono un imán en el pedal de la bicicleta, y se alinee el sensor de efecto hall de tal manera que al pasar el imán marcara un cambio o una interrupción; el sensor de efecto hall registra el cambio y enviando dicha interrupción a la tarjeta de adquisición, donde se acumula en una variable cada interrupción (interrupcionCad) hasta terminar la prueba, además de tomar el tiempo donde se tomó dicha variable; a partir de esos datos se implementó un código donde mediante el uso de un ciclo for, se recorre la variable tiempo y la variable interrupcionesCad, calculando las RPM(revoluciones por minuto) del pedaleo por cada minuto transcurrido durante la prueba (RPM_cadencia). En la etapa de gestión a partir del aplicativo software se realiza el cálculo de la distancia; las instrucciones en el aplicativo constan del uso de los comandos de Matlab mean y max los cuales obtienen los valores promedio y máximos de las RPM_cadencia respectivamente, obteniendo finalmente los valores de cadencia promedio y cadencia máxima.

ACONDICIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

- **ADAPTACIÓN DE PIEZAS 3D Y SENSORES**

La adaptación de las diferentes piezas y dispositivos del prototipo en la bicicleta, es una parte importante para lograr una buena funcionalidad del mismo en el momento de la realización de las pruebas, a continuación se detallan la posición de cada pieza en la bicicleta:

- La pieza base que contiene el elemento del potenciómetro, se debe de posicionar en el manillar de la bicicleta lo que permitirá registrar el movimiento de la dirección de la bicicleta(ver figura 4.25)



Figura 4.25: Posición del potenciómetro. Fuente propia.

- La pieza base del sensor de efecto hall para la medición de velocidad se fija en la parte trasera para registrar la velocidad de acuerdo a la llanta trasera(ver figura 4.26).



Figura 4.26: Posición sensor de efecto hall velocidad. Fuente propia.

- La pieza base del sensor de cadencia para la medición de velocidad se sitúa paralelo al paso del pedal como se muestra en la figura 4.27.



Figura 4.27: Posición sensor de efecto hall velocidad. Fuente propia.

- **AJUSTE DEL SENSOR DE FC AD8232**

- Electrodo: La ubicación de los electrodos se denota en apartados anteriores; a continuación, en la figura 4.28 se muestra la ubicación final de los mismos.

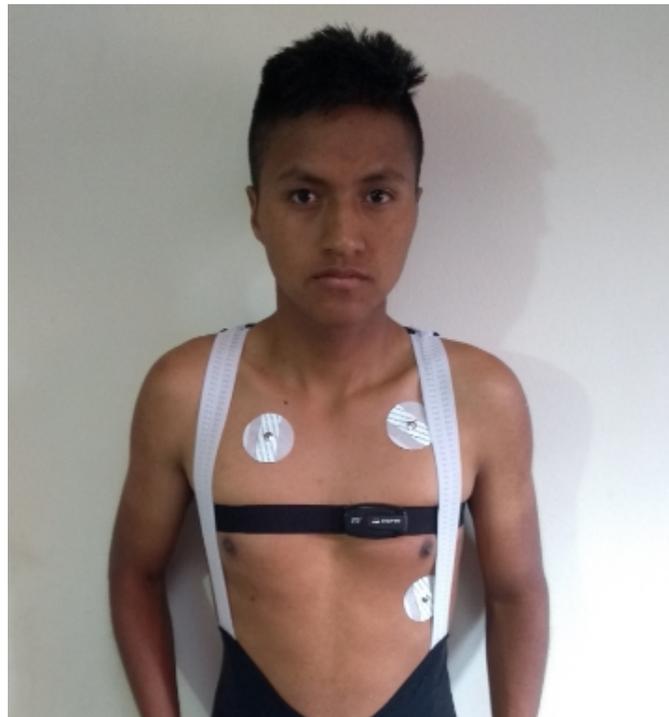


Figura 4.28: Posición electrodos. Fuente propia.

- Sensor: Para la ubicación del sensor se procedió a diseñar un canguro para el ajuste del dispositivo en el competidor (ver figuras 4.29)

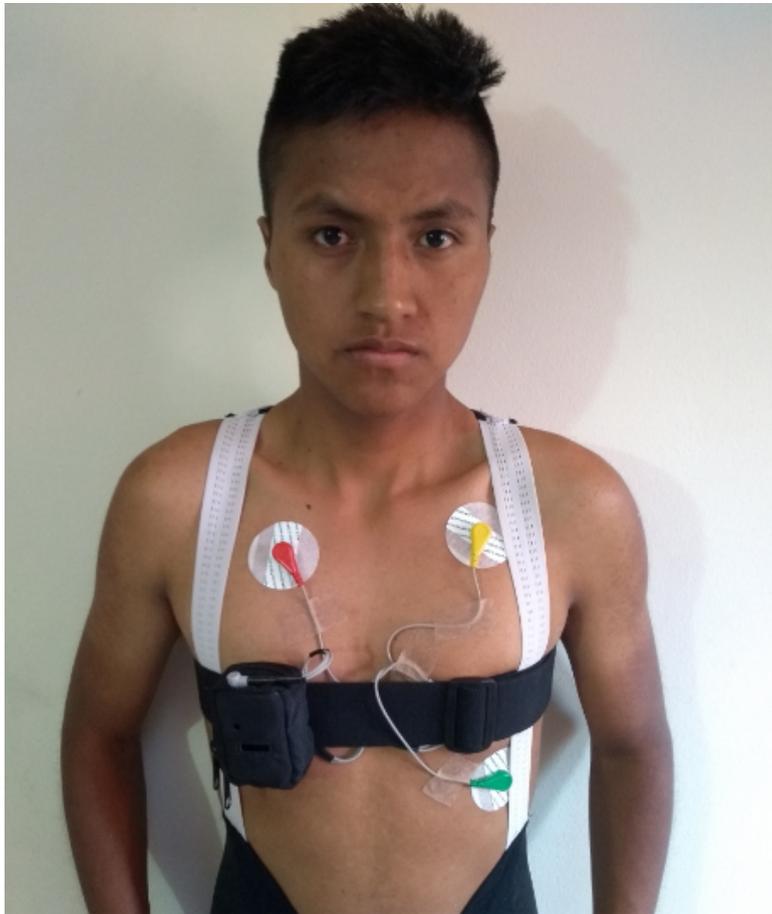


Figura 4.29: Posición final del sensor.

VALIDACION DE LA ESTIMACION DE LAS VARIABLES

Para validar los resultados de las estimaciones medidas a partir de lo implementado en el prototipo se tomaron 10 pruebas de funcionamiento (muestras), cada prueba fue realizada bajo una duración de tiempo entre 0 – 2 minutos involucrando un deportista en el área de ciclismo, al final de cada prueba se registraron los resultados de las mediciones tanto del dispositivo comercial (Sigma 23.16 sts) como de las arrojadas por el prototipo desarrollado con el fin de ser utilizadas como objeto de comparación para el análisis de valides de los valores estimados.

Para el análisis de los resultados obtenidos se calcularon las incertidumbres de los datos, es decir, el error absoluto y el error relativo de cada muestra además, se aplicó un promedio de dichas incertidumbres para cada variable, a continuación en las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos:

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "											
FACULTAD: INGENIERIAS	PROGRAMA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA			INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELIPE MENESES B.							
VARIABLE: VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	23.40	23.35	24.31	22.33	22.99	21.09	22.16	22.43	20.80	17.43	
PROTOTIPO	23.41	23.43	24.01	21.98	22.73	21.52	22.20	22.64	21.03	17.32	
ERROR ABSOLUTO	-0.01	-0.08	0.30	0.35	0.26	-0.43	-0.04	-0.21	-0.23	0.11	
ERROR RELATIVO	-0.04	-0.34	1.23	1.57	1.13	-2.04	-0.18	-0.94	-1.11	0.63	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	0.00			PROMEDIO ERROR RELATIVO				-0.01			
VARIABLE: VELOCIDAD MÁXIMA (Km/h)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	26.67	26.75	30.52	25.16	25.56	24.97	25.16	24.97	26.35	20.01	
PROTOTIPO	26.67	26.97	30.49	26.67	26.67	22.86	26.67	26.67	26.67	19.06	
ERROR ABSOLUTO	0.00	-0.22	0.03	-1.51	-1.11	2.11	-1.51	-1.70	-0.32	0.95	
ERROR RELATIVO	0.00	-0.82	0.10	-6.00	-4.34	8.45	-6.00	-6.81	-1.21	4.75	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	-0.33			PROMEDIO ERROR RELATIVO				-1.19			

Tabla 4.5: Resultados obtenidos variable velocidad.

"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "											
FACULTAD: INGENIERIAS	PROGRAMA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA			INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELIPE MENESES B.							
VARIABLE: CADENCIA PROMEDIO (rpm)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	71.00	67.00	69.00	63.00	73.00	70.00	72.00	73.00	68.00	56.00	
PROTOTIPO	72.25	67.47	73.70	69.00	75.41	70.83	71.30	72.97	66.56	53.38	
ERROR ABSOLUTO	-1.25	-0.47	-4.70	-6.00	-2.41	-0.83	0.70	0.03	1.44	2.62	
ERROR RELATIVO	-1.76	-0.70	-6.81	-9.52	-3.30	-1.19	0.97	0.04	2.12	4.68	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	-1.09			PROMEDIO ERROR RELATIVO				-1.55			
VARIABLE: CADENCIA MÁXIMA (rpm)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	78.00	72.00	83.00	74.00	76.00	75.00	77.00	78.00	80.00	65.00	
PROTOTIPO	78.00	84.00	93.00	81.00	81.00	75.00	75.00	75.00	75.00	63.21	
ERROR ABSOLUTO	0.00	-12.00	-10.00	-7.00	-5.00	0.00	2.00	3.00	5.00	1.79	
ERROR RELATIVO	0.00	-16.67	-12.05	-9.46	-6.58	0.00	2.60	3.85	6.25	2.75	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	-2.22			PROMEDIO ERROR RELATIVO				-2.93			

Tabla 4.6: Resultados obtenidos variable cadencia.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "											
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA			INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELUPE MENESES B.						
VARIABLE: FRECUENCIA CARDIACA PROMEDIO (bpm)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	169.00	178.00	168.00	169.00	173.00	169.00	172.00	165.00	167.00	155.00	
PROTOTIPO	168.60	164.23	163.43	166.30	163.74	163.15	165.18	163.46	162.03	156.78	
ERROR ABSOLUTO	0.40	13.77	4.57	2.70	9.26	5.85	6.82	1.54	4.97	-1.78	
ERROR RELATIVO	0.24	7.74	2.72	1.60	5.35	3.46	3.97	0.93	2.98	-1.15	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	4.81			PROMEDIO ERROR RELATIVO				2.78			
VARIABLE: FRECUENCIA CARDIACA MÁXIMA(bpm)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	191.00	193.00	194.00	193.00	195.00	192.00	194.00	189.00	185.00	178.00	
PROTOTIPO	191.08	191.08	191.80	189.30	191.08	191.20	191.08	189.05	186.87	181.18	
ERROR ABSOLUTO	-0.08	1.92	2.20	3.70	3.92	0.80	2.92	-0.05	-1.87	-3.18	
ERROR RELATIVO	-0.04	0.99	1.13	1.92	2.01	0.42	1.51	-0.03	-1.01	-1.79	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	1.03			PROMEDIO ERROR RELATIVO				0.51			

Tabla 4.7: Resultados obtenidos variable frecuencia cardiaca.

"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "											
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA			INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELUPE MENESES B.						
VARIABLE: TIEMPO (Min)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	2.07	2.11	2.10	2.12	2.09	2.09	2.19	2.22	2.21	2.02	
PROTOTIPO	2.07	2.14	2.04	2.21	2.17	2.07	2.27	2.31	2.27	2.01	
ERROR ABSOLUTO	0.00	-0.03	0.06	-0.09	-0.08	0.02	-0.08	-0.09	-0.06	0.01	
ERROR RELATIVO	0.00	-1.42	2.86	-4.25	-3.83	0.96	-3.65	-4.05	-2.71	0.50	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	-0.03			PROMEDIO ERROR RELATIVO				-1.56			
VARIABLE: DISTANCIA (Km)											
N° PRUEBA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DISPOSITIVO COMERCIAL	0.79	0.85	0.87	0.81	0.82	0.75	0.85	0.88	0.81	0.58	
PROTOTIPO	0.79	0.82	0.80	0.80	0.81	0.73	0.83	0.85	0.78	0.57	
ERROR ABSOLUTO	0.00	0.03	0.07	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	
ERROR RELATIVO	0.00	3.53	8.05	1.73	1.46	2.60	2.35	3.41	3.70	1.90	
PROMEDIO ERROR ABSOLUTO	0.02			PROMEDIO ERROR RELATIVO				2.87			

Tabla 4.8: Resultados obtenidos variable distancia.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Con el fin de decidir la validez de las estimaciones resultantes del prototipo, se compara la variación observada experimentalmente a partir de sus valores de salida, analizando estos valores frente a los esperados para lo cual se utiliza el dispositivo comercial como referencia (valor esperado). Primeramente en la tablas 4.8 que hace referencia a las variables de tiempo y distancia respectivamente se observa que los valores de error absoluto y error absoluto promedio presentan una varianza pequeña, es decir, las diferencias entre las estimaciones resultantes del prototipo frente a los valores esperados es poca, por lo cual se establece que la estimación de estas variables de medida aportadas por el prototipo son válidas pues los valores se acercan por mucho a los valores esperados.

En la tabla 4.5 se relacionan los valores de la variable velocidad, observando que los valores de error absoluto y error absoluto promedio arrojan diferencias pequeñas en relación a los valores esperados aportando así un porcentaje de error relativo escaso, por lo cual se permite establecer que las estimaciones arrojadas por el prototipo en esta variable de velocidad son válidas y funcionales.

Para la variable de cadencia se analizan los valores de la tabla 4.6 en los cuales se observan unas diferencias representativas entre los valores de estimación y los esperados, los errores absolutos y el error absoluto promedio evidencian diferencias medianamente significativas permitiendo determinar que los valores resultantes del prototipo son medianamente funcionales pues las diferencias observadas no son propiamente alejadas de los valores esperados; por otro lado, en la tabla 4.7 se evalúa la relación de los valores estimados frente a los esperados de la variable frecuencia cardiaca en sus variantes frecuencia cardiaca promedio y frecuencia cardiaca máxima, encontrando que en los valores de error absoluto de la frecuencia cardiaca promedio hay diferencias alejadas de los valores esperados pero estos valores son dispersos es decir son valores que no se comportan de acuerdo al resto de medidas, por lo cual se pueden considerar como valores erróneos o perdidos, determinando así que los valores estimados se acercan medianamente a los de referencia; en cuanto a los errores absolutos de la variable frecuencia cardiaca máxima se puede observar que las diferencias se encuentran dentro de un rango aceptable considerando que las medidas son funcionalmente válidas.

Finalmente se puede deducir que los valores estimados se acercan en una medida considerable a los valores esperados, pero se debe de analizar algunos valores dispersos ajenos al comportamiento del total de medidas; por lo cual se intuye que los valores dispersos presentes pueden ser resultantes de algún error de medición en la prueba.

4.3. DISEÑO SOFTWARE

En este apartado se presenta la construcción del entorno de RV, describiendo las metodologías utilizadas y todo el proceso llevado a cabo para la consecución del mismo; además, se explica de manera concisa las herramientas de tipo software utilizadas para lograr el almacenamiento y gestión de los datos finales de cada prueba.

4.3.1. CONSTRUCCIÓN DEL ENTORNO DE RV

Para llevar a cabo la construcción y el desarrollo del entorno de RV, se constituyeron 5 fases de desarrollo: concepción, diseño, planificación, producción y fase de pruebas, las cuales a su vez contienen la documentación y realización de los distintos eventos formulados en cada fase, que serán descritos posteriormente. A continuación se presenta el diagrama de bloques de la figura 4.30, el cual expone las fases de desarrollo para la consecución del entorno de RV.

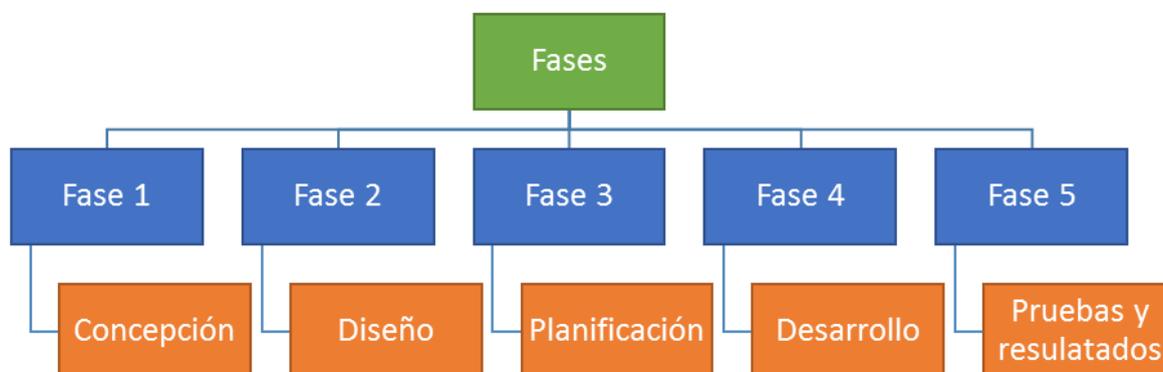


Figura 4.30: Diagrama Bloques: Fases para la construcción del entorno de RV. Fuente propia.

FASE 1 - CONCEPCION:

En esta fase se fijan los requerimientos del entorno de RV de manera general, para lo cual se tuvieron en cuenta 3 parámetros fundamentales: género, gameplay y conceptos:

- El género, hace alusión a lo relacionado con la categoría en la que encaja el prototipo, en nuestro caso la categoría de exergames, debido a que es una categoría basada en simuladores destinados para la actividad física.

- El gameplay, se refiere a las acciones o a la forma de interacción del usuario con el prototipo, para ello, se pretende implementar una comunicación hombre – máquina a través de software y hardware que permitan la interacción de sensores, actuadores, movimientos físicos, adquisición de datos e intercambio de información.
- Conceptos, que es un parámetro que pretende la recolección de ideas sueltas que puedan servir para delimitar las características y visualización del entorno RV, teniendo como resultado las siguientes:
 - Construir una escena 3D con un circuito naturalista que pueda recorrer el competidor.
 - Una bicicleta para realizar el recorrido del circuito.
 - Sensores adecuados que permitan a partir de mediciones ejecutar los movimientos de dirección y avance de la bicicleta.
 - Implementar las herramientas necesarias que permitan convertir la escena 3D en un entorno de RV.

FASE 2 - DISEÑO:

En esta fase se realizó el diseño exhaustivo del entorno de RV, bajo el desarrollo de 3 ítems:

- **Desarrollo Gráfico:**

Debido a que se quiere obtener un entorno de RV que contenga una visualización que se asemeje al mundo real con un acercamiento lo más acertado posible en cuanto a interacción entre ciclista y su medio, se pretende hacer uso de un motor de desarrollo software basado en la creación de videojuegos, ya que permiten alcanzar resultados a nivel gráfico satisfactorios, además de trabajar con una programación orientada a objetos, las cuales permiten dinamizar los diferentes eventos que ocurren dentro del entorno, del mismo modo permite la adecuación de escenas de RV, debido a que cuenta con herramienta como *Google Cardboard Daydream*, la cual permite la comunicación y visualización de escenas en tiempo de ejecución en los dispositivos Android desde diferentes plataformas de desarrollo software. De acuerdo a lo anterior se busca obtener un entorno gráfico naturalista, con el mayor grado de realismo posible, con la adecuación de objetos en 3d que permitan emular las distintas mecánicas del deportista en la escena.

- **Mecánicas de interacción:**

Las mecánicas, son el conjunto de reglas o condiciones que se deben seguir para determinar la interacción del usuario con el prototipo, es decir, todo lo relacionado a la movilidad y desarrollo del personaje en el entorno; por ende, se pretende implementar la mecánica teniendo como base una estructura fundamentada en tres hechos o acontecimientos (ver figura 4.31).

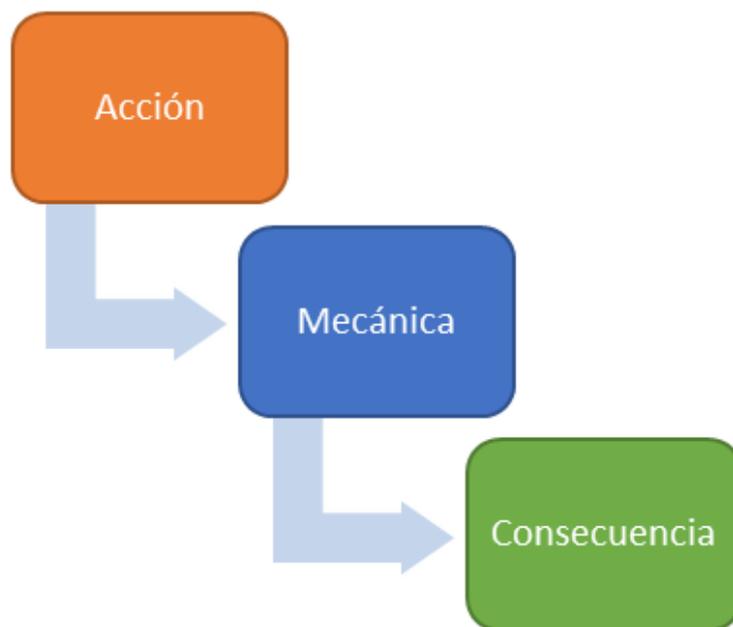


Figura 4.31: Estructura para el logro de la mecánica del entorno RV. Fuente propia.

Primeramente, la acción hace alusión al evento que está ocurriendo en el momento; por otro lado, una mecánica son los acontecimientos que pueden ocurrir dependiendo de la acción que se tome, en pocas palabras son los sucesos que se llevan a cabo luego de la ejecución de la acción, y por último, la secuencia que define como los hechos que se obtienen luego de que un evento o suceso ha culminado. Con las mecánicas se pretende definir de qué manera el usuario necesita interactuar con el entorno RV y el medio físico (hardware - software), para ello el usuario deberá provocar las distintas acciones a través del movimiento llevado a cabo por su cuerpo las cuales le permitirán ejecutar el entrenamiento a través del prototipo de RV.

Teniendo en cuenta lo anterior, se necesitó la incorporación de algunos componentes

para la creación de las mecánicas de interacción que sirvieron como intermediarios para llevar a cabo la funcionalidad del entorno simulado; dentro de estos componentes se pudieron establecer una serie de responsabilidades reunidas de la siguiente manera:

- Arduino: Tiene la responsabilidad de realizar la adquisición de datos, la comunicación y lectura entre el entorno de RV y los sensores, además de la eficaz respuesta de los respectivos actuadores.
 - Sensores: Serven a través de sus mediciones a la interpretación y generación de los respectivos movimientos de la bicicleta en cuanto a giro y avance.
 - Bicicleta 3D: Elemento primordial dentro del entorno de RV, que refleja la interacción hardware - software del deportista y el entorno.
 - Gafas y Móvil: Estos dos componentes en conjunto permiten reproducir y visualizar el entorno de RV, utilizando el sistema operativo Android; la utilización del celular como herramienta visual se justifica en los sensores, el acelerómetro y el giroscopio, los cuales permiten solucionar la movilidad en cuanto a posición visual del Deportista.
- **Programación del entorno de RV:**

Con base en la ejecución adecuada de los anteriores items se resuelve hacer uso de una programación orientada a objetos (POO), ya que brinda la posibilidad de la manipulación de objetos para llevar a cabo una o varias acciones del mismo modo, permite la comunicación entre los objetos tangibles e intangibles para lograr un acercamiento del mundo real y además posibilita la adaptación de herramientas de RV en este tipo de programación. Para lograr llevar a cabo dichos objetivos se pretende utilizar el (IDE) Visual Studio 2017, que tiene incorporado a su vez, el lenguaje de programación C#, el cual es un lenguaje orientado a objetos que tiene la ventaja de contar con la extensión .NET framework, que permite la creación de aplicaciones para dispositivos móviles y de escritorio, además de que provee la opción de desarrollo multiplataforma, que permite la implementación de una misma aplicación, videojuego, entorno gráfico, etc. en distintas plataformas como Windows, Android, IOS, etc.

FASE 3 - PLANIFICACIÓN:

En esta fase se establecen las tareas que se desarrollaran a lo largo de la construcción del entorno RV, para ello, se diseño un cuadro sinóptico donde se definieron las tareas a realizar (ver figura 4.32).



Figura 4.32: Fase de planificación.

FASE 4 - DESARROLLO:

En esta fase se realiza la construcción del entorno de RV a partir de la información en cuanto a requerimientos aportados por las anteriores fases; es decir, en esta fase se ejecuta la creación del entorno gráfico, la adecuación de las herramientas de RV en la escena, las dinámicas para el logro de la interoperabilidad entre el software y el hardware, las características del motor de desarrollo y la elección del mismo, además de otros puntos intrínsecos en este apartado.

ELECCIÓN DE SOFTWARE Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

o ELECCIÓN DEL MOTOR GRÁFICO DE DESARROLLO

Se seleccionó la plataforma de desarrollo Unity 3D por su cumplimiento en cuanto a las necesidades y requerimientos que demanda el proyecto. Uno de los criterios de elección se evidencio en el amplio contexto informativo del uso de Unity, es decir, el sin número de información de apoyo con el que cuenta, entre videos, tutoriales, artículos de investigación, paquetes gratuitos, código abierto entre otros. También se optó por este motor de desarrollo de videojuegos por los recursos con los que se cuentan en relación al ordenador (ver figura 4.9), ya que plataformas como Blender o Unreal Engine, exigían un nivel de procesamiento mayor u otro tipo de tarjeta gráfica, por lo cual se producían pérdidas tanto en el

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

CPU como en la memoria RAM, además de incompatibilidad e inadaptabilidad, para realizar tanto el entorno gráfico, como la comunicación entre el software y el hardware además de las simulaciones. Unity permite la utilización de paquetes externos que sirven como herramientas de desarrollo ágil, un ejemplo de esto es el paquete *Google VR*, también hace uso de lenguajes de programación basados en programación orientada a objetos; por estas y otras razones se fijó Unity como herramienta software para el desarrollo del entorno virtual.

LENOVO G45-50	
Sistema Operativo	Windows 8.1 Pro
Procesador	AMD A8 – 6410 APU with AMD Raedon R5 Graphics
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
Memoria RAM	8GB + Tarjeta de video ATI 2 GB
Puertos y ranuras	USB 3.0 x 2 USB 2.0 x 1 2x1 (SD/MMC) card reader 2-in-1 audio jack (headphone and mic) HDMI RJ45 VGA
Tarjeta gráfica	AMD JET LE R5 M230 de 2GB DDR3
Disco duro	1TB, 5400RPM Serial ATA 2.5" Hard Drive

Tabla 4.9: Características del ordenador Lenovo. Fuente propia.

o **ELECCION DEL IDE**

Para determinar el entorno de desarrollo de integración, se estipularon primero cuales eran las opciones que proporcionaba Unity, de acuerdo a esto, se determinó que podía trabajar bajo dos (IDE) distintos los cuales son Visual Studio y Monodevelop, que soportan básicamente los mismos lenguajes de programación, por lo tanto se concluyó que la elección del (IDE), depende meramente del desarrollador, el que sea de su preferencia. De acuerdo a lo anterior, se escogió Visual Studio 2017, ya que hace parte del paquete de instalación de Unity 2017.3, del mismo modo se concluyó que si se trabajaba con otros IDE u otras versiones del mismo, podría causar problemas a la hora de la compilación de los scripts y la compilación de la escena.

o **LENGUAJE DE PROGRAMACION (C#)**

Dado que Visual Studio es un (IDE), que incluye distintos lenguajes de progra-

mación internamente, se escogió el lenguaje C#, porque es un lenguaje POO, el cual proporciona a su vez herramientas de comunicación, la facilidad para la manipulación de objetos, concurrencia entre variables, procesos, hilos, etc.

◦ **EXTENSION .NET FRAMEWORK**

La ventaja más grande que aportó C, es que trabaja bajo el entorno de trabajo conocido como .NET framework de Microsoft, el cual permite el desarrollo rápido de aplicaciones y software, además aporta el desarrollo multiplataforma, el cual fue indispensable ya que se pensó en la realización de un entorno para la plataforma Windows, pero con la inclusión de herramientas Android para la visualización del entorno RV en dispositivos móviles.

DESARROLLO DEL ENTORNO DE REALIDAD VIRTUAL

1. CONCEPTOS PRELIMINARES

A continuación se describen los diferentes componentes que intervienen en Unity, además de su funcionalidad.

◦ **COMPONENTES MAIN EDITOR WINDOW**

- ◊ **Project (Proyecto):** Contiene recursos gráficos, carpetas y archivos del proyecto que podemos utilizar para adecuar a la escena, entre los cuales se encuentran assets, prefabs, materiales, objetos, además contiene los scripts que se utilizan para animar o desempeñar acciones en la aplicación. Por otro lado, es aquí donde se importan archivos de otros proyectos los cuales pueden ser adecuados al nuestro.
- ◊ **Hierachy (Jerarquía):** Contiene todos los objetos que están presentes en escena (carreteras, arboles, terrain, etc.).
- ◊ **Toolbar (Play/Pause/Next):** Herramientas que nos permiten ejecutar, detener, y pasar a otro plano nuestra escena respectivamente.
- ◊ **Transfom tools (Q, W, E, R, S, T):** Las transform nos ayudan a movernos dentro de la escena, así mismo nos proporcionan la ventaja de poder modificar el tamaño de algunos objetos presentes en la escena.
- ◊ **Scence View (Vista de escena):** La escena es donde se visualizan todos

los objetos que están dentro de la jerarquía; se puede observar el comportamiento de los mismos.

- ◇ **Game (Juego):** La pestaña Game nos proporciona la visualización y comportamiento de todos los objetos y las acciones asociadas a ellos que se encuentran intrínsecos en la jerarquía y el proyecto. Solo funciona en tiempo de ejecución.
- ◇ **Inspector:** Nos aporta las características o propiedades de cada objeto en cuanto a posición, rotación y tamaño, las cuales podemos personalizar. Permite la asignación de scripts y animación a los objetos.

○ COMPONENTES QUE CONTIENEN EL PROYECTO

- ◇ **Assets:** Los assets son cualquier archivo que se pueden utilizar en el proyecto antes, durante o después de la construcción del videojuego, aplicación o aplicativo, mientras no sea exportado el proyecto a ninguna plataforma.
- ◇ **Escenas (Scenes):** La escena es básicamente el proyecto en sí, ya que es el componente que contiene todos los elementos instaurados en la jerarquía que utilizamos para articular tanto nuestro entorno de trabajo, como las configuraciones predefinidas en Unity o las determinadas por nosotros mismos. Para poder utilizar nuestra escena en otro proyecto, tanto la escena como los componentes que contiene, deben estar dentro de la carpeta Assets del proyecto para que pueda hacer uso de todos los recursos establecidos en ella, de lo contrario nos podemos encontrar errores en la compilación del proyecto, hasta objetos que ya no se encuentran disponibles en ella, además de scripts que carecen de sus propiedades, por lo tanto no los podremos utilizar.

○ COMPONENTES PARA AGILIZAR EL DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

- ◇ **Assets Packages:** Unity permite la importación de paquetes o conjuntos de datos con recursos que podemos utilizar para mejorar nuestra escena o nuestro proyecto, brindándonos así, el privilegio de emplear objetos tales como árboles, personas, carreteras, terrenos, animaciones, etc. Del mismo

modo nos da la posibilidad de crear nuestros propios paquetes de assets para utilizarlos según el punto de interés, esto nos da la ventaja de poder migrar paquetes de recursos o assets packages, implementados por nosotros mismos del proyecto en el que estemos trabajando a otro.

- ◇ **Asset Store:** Es la herramienta online de Unity 3D, con la cual podemos buscar y descargar todo tipo de archivos, recursos gráficos, animaciones, personajes, etc. Para utilizarla debemos tener una cuenta activa que reconozca que estamos registrados para que nos permita descargar e importar los elementos que deseamos utilizar en nuestro proyecto.

○ COMPONENTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ENTORNO DE DESARROLLO

- ◇ **Gameobjects:** los gameobjects son objetos vacíos o contenedores y constituyen la parte más importante a la hora de crear el entorno y la aplicación, ya que pueden tomar diversas formas, por ejemplo, un terreno, un personaje, un efecto visual, un efecto de sonido, una animación, un video, etc. En general son este tipo de objetos los que determinan el funcionamiento y visualización de la aplicación que se esté desarrollando. Este tipo de elementos nos dan la facilidad de incluir otros objetos dentro de sí mismo. Por otro lado permiten la modificación del tamaño, forma y posicionamiento de cualquier objeto presente en la escena.
- ◇ **Prefabs:** Los prefabs son réplicas de objetos ya modificados o no, es decir pueden ser objetos a los cuales se le brindaron nuevos atributos, tales como scripts, animaciones, u otras propiedades y que se pueden guardar con este tipo de modificaciones para ser utilizados en nuestra escena u otras escenas de proyectos externos; esto se consigue arrastrando el objeto de la jerarquía (Hierarchy) a la extensión Assets ubicada en la carpeta Project.
- ◇ **UI (User Interface):** La UI es la agrupación de varios objetos que al asociar entre sí, sirven para la creación de interfaces de usuario. Estas herramientas permiten la implementación de menús en la escena, mediante objetos llamados canvas, dentro de los cuales se incluyen elementos interactivos tales como texto, botones, imágenes, entre otros.
- ◇ **Main Camera:** Sirve para definir el rango y el punto de visión en la scene view, según su ubicación, le permite obtener al usuario un acercamiento

de cómo pretende percibir el entorno a su alrededor.

- ◇ **Scripts:** Los scripts pueden definir tanto el comportamiento como las características de los objetos; constituyen una parte importante en el desarrollo del entorno, ya que nos facilitan la atribución de acciones a los distintos objetos a través de código fuente escrito ya sea en C o Java Script, programados en el IDE (*Entorno de desarrollo integrado*) Visual Studio. El Script o los Scripts deben ser asociados al objeto que se quiere programar, para que se ejecuten junto con él, de lo contrario no van a realizar ninguna acción así este ya haya sido compilado y se esté ejecutando.
- **CONJUNTO DE HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE PARA ANDROID**

Son el conjunto de herramientas que permiten el desarrollo de software para la plataforma a la que vaya destina el producto, aplicación, etc.

- ◇ **SDK de Android:** El SDK de Android, sirve para la creación de aplicaciones para la plataforma Android, se debe incluir en Unity para que las aplicaciones creadas bajo Android se ejecuten, no va a ocurrir ningún suceso así se tenga una buena programación hecha.
- ◇ **JDK de Java:** El JDK de java, proporciona las herramientas para la creación de aplicaciones, programas en java. Debe instalarse al igual que el SDK.

2. ESCENA DEL ENTORNO GRÁFICO

A continuación se especifican los componentes que se utilizaron para la realización del entorno algunas de sus características y la función que tuvieron en el desarrollo de dicho entorno, además de la descripción detallada de la realización de los objetos que hacen parte del entorno.

- El terreno (*terrain*), es el objeto que sirve como superficie para la ubicación de los distintos objetos que permiten la realización de las diferentes dinámicas (la interacción, visualización, movimiento, animaciones, etc.); el terreno es básicamente el objeto principal para el desarrollo del entorno, ya que es aquí donde se desarrollan los acontecimientos, acciones y eventos que ocurren en la escena. Para la implementación del terreno se utilizaron cada una de las herramientas que utiliza el gameobject terrain por defecto, las cuales

se muestran en la figura 4.33:



Figura 4.33: Elementos del desarrollo del terreno.

A continuación, se describen los pasos que se siguieron para lograr la adaptación del terreno en la escena. Del mismo modo, cabe resaltar que el modelo 3D de la bicicleta, aunque hace parte del entorno gráfico no será abarcado en este apartado, debido a la importancia y la repercusión que tiene este elemento, por lo cual, se ha destinado una sección donde se habla de manera detallada de dicho elemento.

- En primera instancia se asoció una textura inicial al terreno para comenzar el modelamiento, luego se procedió a realizar el levantamiento del terreno para la creación de las montañas en la escena mostrado en la figura 4.34,

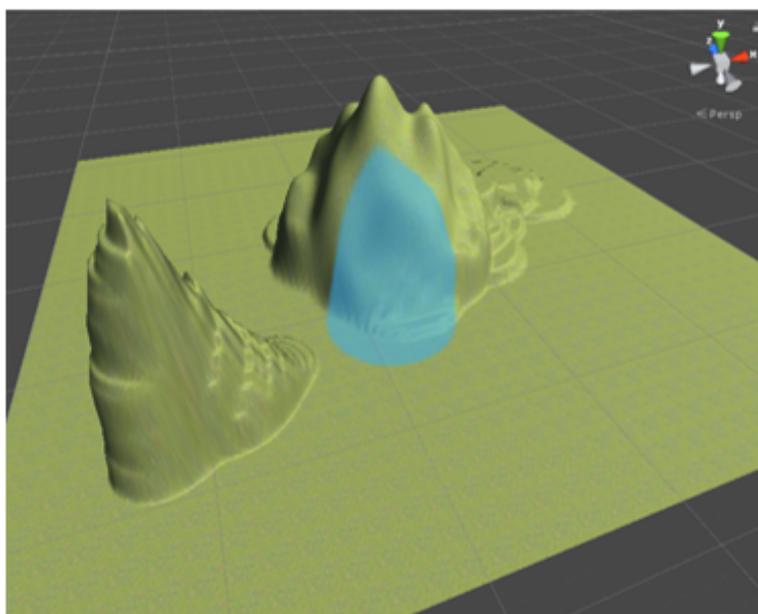


Figura 4.34: Levantamiento del terreno. Fuente propia.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- Posteriormente, se agregaron las texturas para el acabado de las montañas mostrado en la figura 4.35

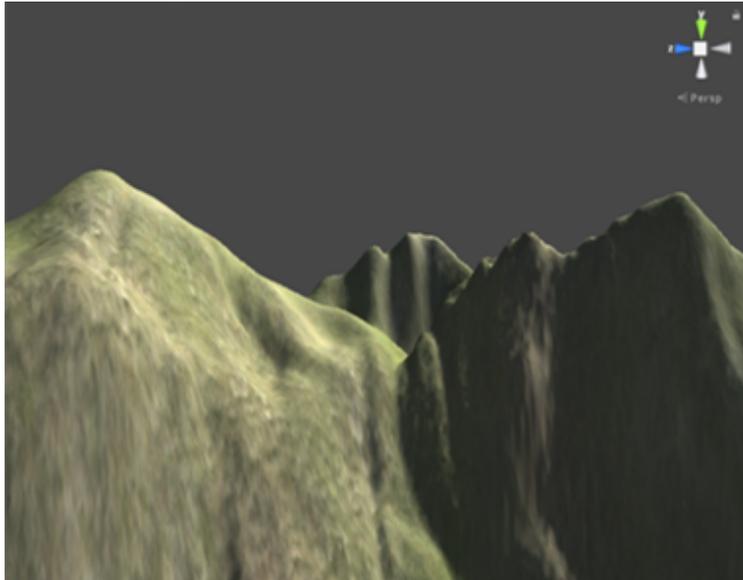


Figura 4.35: Terreno con las diferentes texturas. Fuente propia.

- Con la finalidad de lograr un ambiente naturalista y realista, consecutivamente se colocaron árboles por todo el terreno.

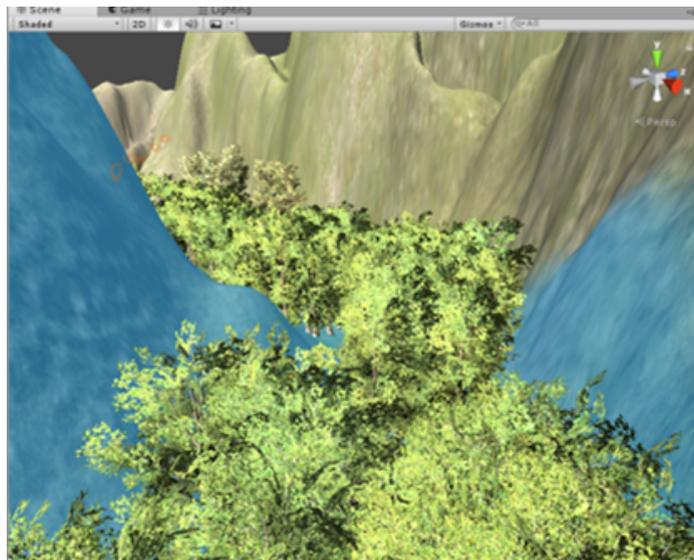


Figura 4.36: Árboles. Fuente propia.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- Después se adaptaron otra serie de elementos como una cascada, rocas y un lago respectivamente, mostrados en las figuras 4.37, 4.38 y 4.39, con el propósito de añadir dinamismo a la escena.



Figura 4.37: Cascada, sistema de partículas. Fuente [5].



Figura 4.38: Modelo 3D de las rocas. Fuente [6].

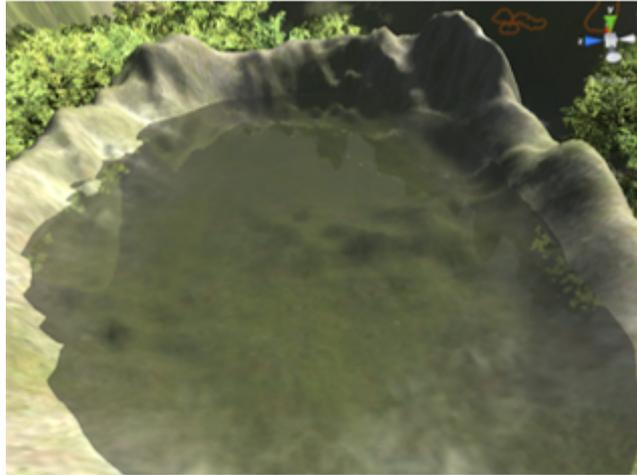


Figura 4.39: Lago. Fuente propia.

- Aquí se muestran las diferentes texturas utilizadas para el desarrollo visual del terreno.



Figura 4.40: Texturas realistas utilizadas en el terreno. Standars Assets Unity.

- A continuación se trazó el camino para crear la carretera, la cual se construyó haciendo uso de las herramientas del paquete gratuito EasyRoads3D Free v3 [146].



Figura 4.41: Carretera.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- Finalmente se muestra la visualización de la escena del entorno y los componentes descritos con anterioridad.

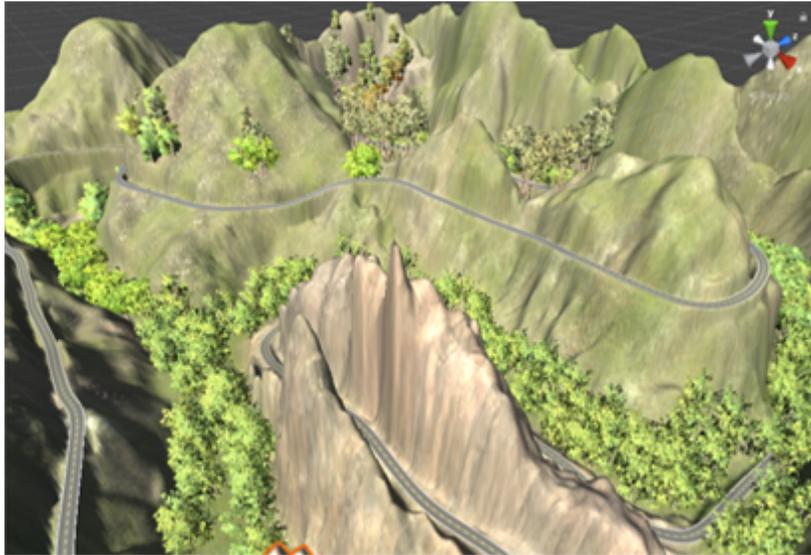


Figura 4.42: Resultado de la escena. Fuente propia.



Figura 4.43: Vista desde arriba de la escena. Fuente propia.

Nota: Antes de continuar con el siguiente apartado, cabe aclarar que los gameobjects y modelos 3D nombrados y descritos con anterioridad tales como: Árboles, rocas, animaciones de partículas, texturas, no fueron construidos, sino que se realizó una búsqueda exhaustiva a través de fuentes online que permitieran la adquisición de este tipo de herramientas de forma gratuita, para el desarrollo de proyectos.

3. MODELO 3D DE LA BICICLETA

Aunque este elemento hace parte del entorno gráfico, no se incluyó en la sección anterior, por lo cual a continuación, se hace una descripción un poco más detallada que la de los objetos nombrados previamente, ya que tuvo un mayor desarrollo que dichos objetos, además cabe resaltar, que es el componente más importante dentro del entorno, ya que contiene todas las características y scripts, que permitirán al deportista llevar a cabo las distintas acciones, propuestas en la etapa de diseño. De acuerdo a lo anterior, a continuación se abarca de manera detallada el desarrollo del modelo 3d de la bicicleta y sus características de diseño, que llamaremos simplemente con el nombre de “Bicicleta 3D”; para ello serán expuestos unos puntos donde se muestran los pasos que se tuvieron que implementar para llegar al modelo final.

- **Desarrollo visual de la bicicleta 3D:** En primer lugar, se realizó la búsqueda de un modelo 3D que cumpliera con las características de una bicicleta de ruta mostrado en la figura 4.44.

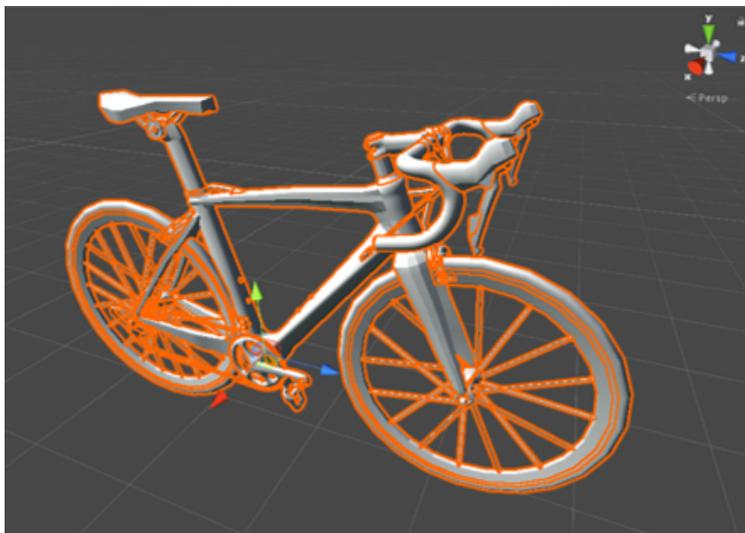


Figura 4.44: Modelo de la bicicleta. Fuente [7].

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Consecuentemente, se procedió a la creación e implementación de las texturas y materiales expuestos en la figura 4.45, que posteriormente fueron colocadas al modelo Bicicleta 3D visible en la figura 4.46, 4.47.

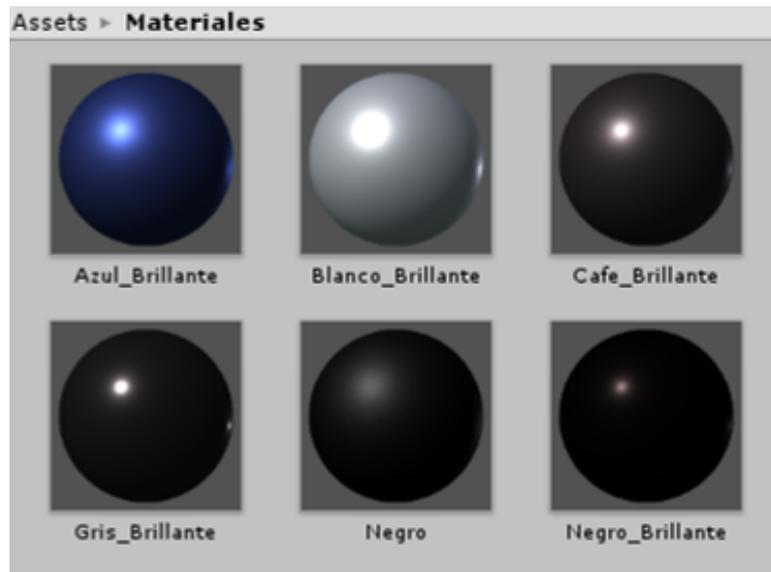


Figura 4.45: Materiales de la bicicleta 3D. Fuente propia.



Figura 4.46: Bicicleta 3D terminada. Fuente propia.



Figura 4.47: Vista del entorno desde el modelo 3D de la bicicleta. Fuente propia.

- **Canvas principal:** Se implementó una UI por medio de un canvas, que contiene un menú principal dentro del entorno virtual, que cuenta con 3 opciones: Entrenar, Guardar y Salir. Para el acceso a estas opciones debe de activarse la interrupción del sensor de efecto hall utilizado para establecer los valores de la velocidad. Por ende, el acceso es permitido, cada vez que la llanta trasera de la bicicleta da una vuelta.

A continuación se nombran y describen las tres opciones que le permiten interactuar al deportista con el entorno, para llevar a cabo el entrenamiento:

- Entrenar: La opción entrenar, permite acceder al usuario a la carretera para iniciar el entrenamiento.
- Guardar: Permite guardar la última posición donde quedó el modelo 3d de la bicicleta durante la sesión del entrenamiento.
- Salir: Esta opción se utiliza para salir del entorno virtual.

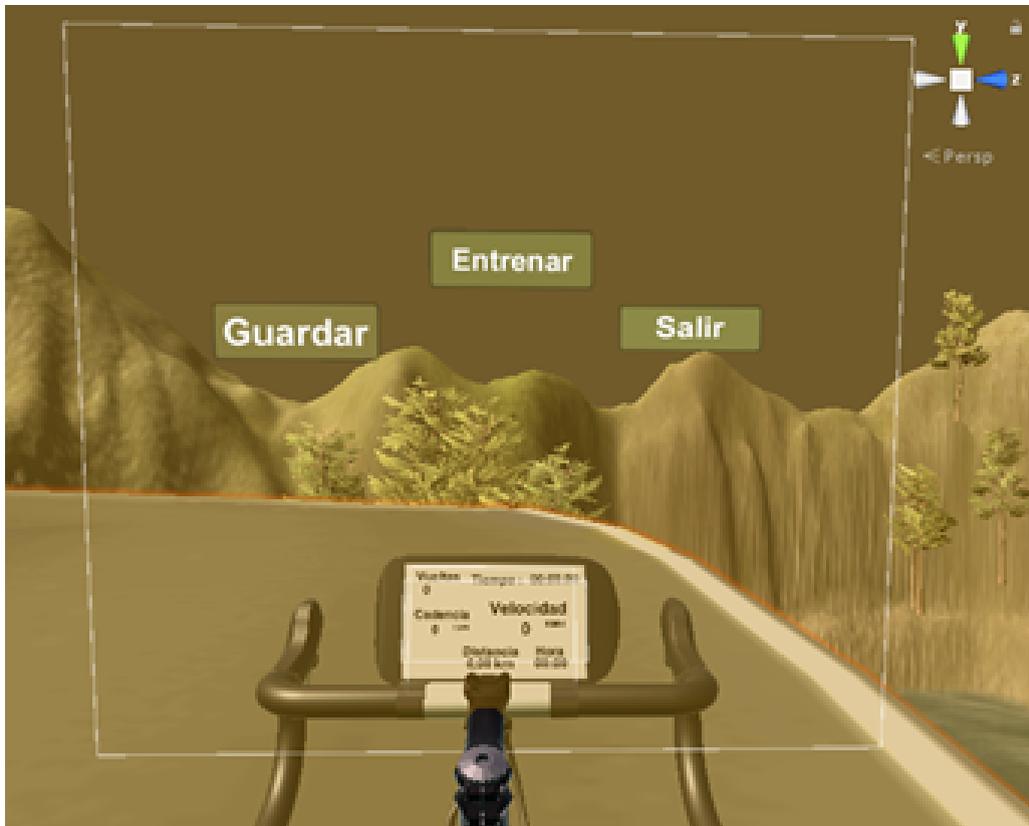


Figura 4.48: Menú de inicio. Fuente propia.

- **Canvas variables:** Este canvas es utilizado para la monitorización y visualización de las variables continuas y discretas tales como:
 - Tiempo.
 - Velocidad.
 - Cadencia.
 - Distancia.
 - Vueltas.
 - Hora.

Por medio de esta herramienta en Unity, se pudieron visualizar los valores que transmiten los sensores de efecto hall de cadencia y velocidad, además del cronómetro que mide cuanto tiempo ha transcurrido una vez iniciado el entrenamiento, del mismo modo, permitió la observación de la distancia recorrida en km, la hora específica y el número de vueltas que da la rueda trasera de la bicicleta.



Figura 4.49: Pantalla de visualización de las variables. Fuente propia.

◦ **Programación de la bicicleta 3D:**

Scripts:

◇ **Script de movimiento de la Bicicleta 3D:**

El script RMCRealisticMotorcycleController.cs contiene los elementos que se utilizaron para recrear el efecto de movimiento de la Bicicleta 3D tales como:

- Wheel colliders: Los elementos que permitieron la movilidad de la bicicleta, ya que son elementos circulares que permiten la colisión entre objetos además acepta características de movimiento en los diferentes ejes del plano.
- Transform Gambeobjects: Los transform son los elementos que se utilizan para la ubicación de las llantas de la Bicicleta 3D.
- Centro de masa (COM): El centro de masa se utiliza con la finalidad de estabilizar el modelo ya que los objetos que generan movimiento circular como los automóviles, aviones, triciclos, bicicletas, por lo general deben tener un centro de masa para que no se desestabilicen y provoquen fallos en el funcionamiento del objeto.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- Los parámetros de torque, velocidad y ángulo de dirección: Estos parámetros definieron la movilidad del modelo, ya que cuentan con el torque, que es el encargado de impulsar el objeto, la velocidad que es el parámetro que indica a qué velocidad se está moviendo el objeto y el ángulo de dirección, que muestra hacia qué dirección se mueva la bicicleta.
- Los elementos de audio: Son los elementos que contienen todos los sonidos implementados en el modelo.

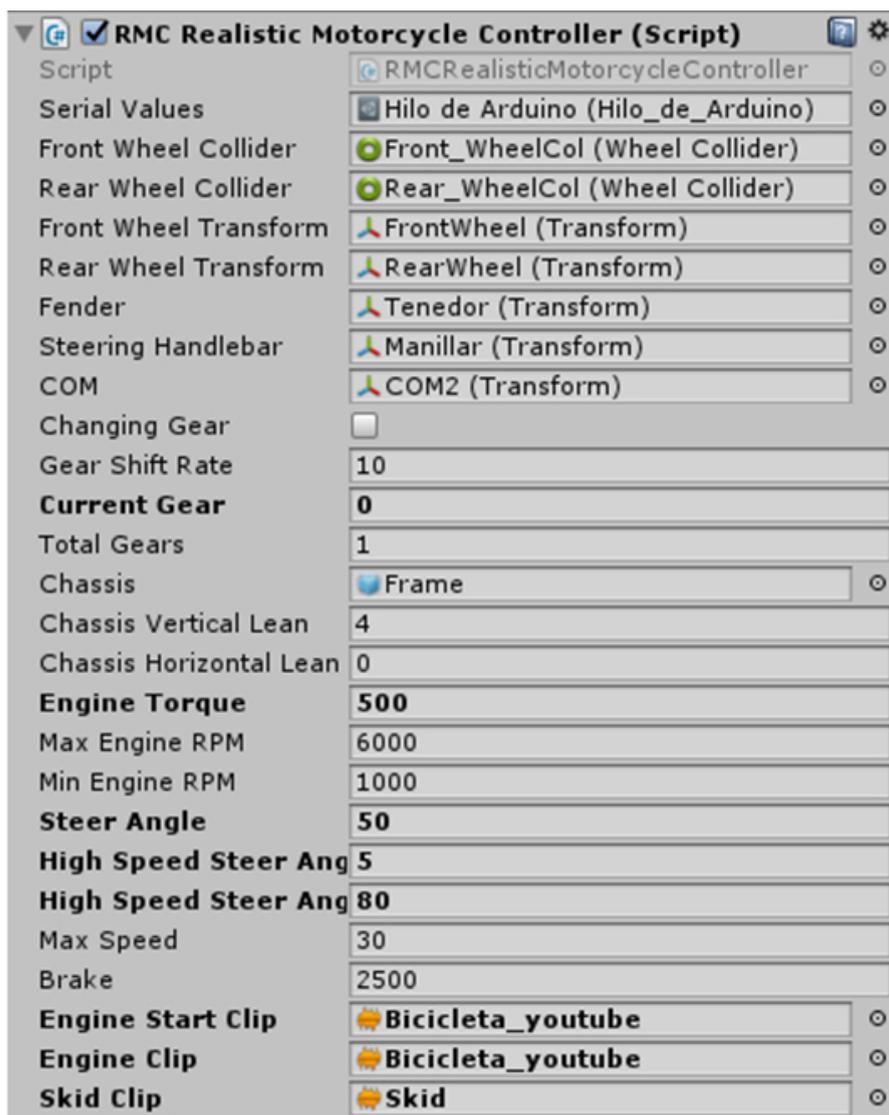


Figura 4.50: Script de movimiento de la bicicleta 3D. Fuente [8].

◇ Scripts de comunicación Hilo en Unity:

El Gameobject Bicicleta 3D contiene los scripts de comunicación, debido

a que es en este elemento en el cual se ven reflejadas las distintas acciones efectuadas en el medio físico. Los scripts que están contenidos en el modelo 3D son el Hilo_de_Arduino.cs, que contiene toda la información de las distintas variables (Rotación, Velocidad y el Freno) y es donde se lleva a cabo la concurrencia de estas y el script Ejecutar_Hilo_De_Arduino.cs, donde se ejecuta el Hilo_de_Arduino.cs.

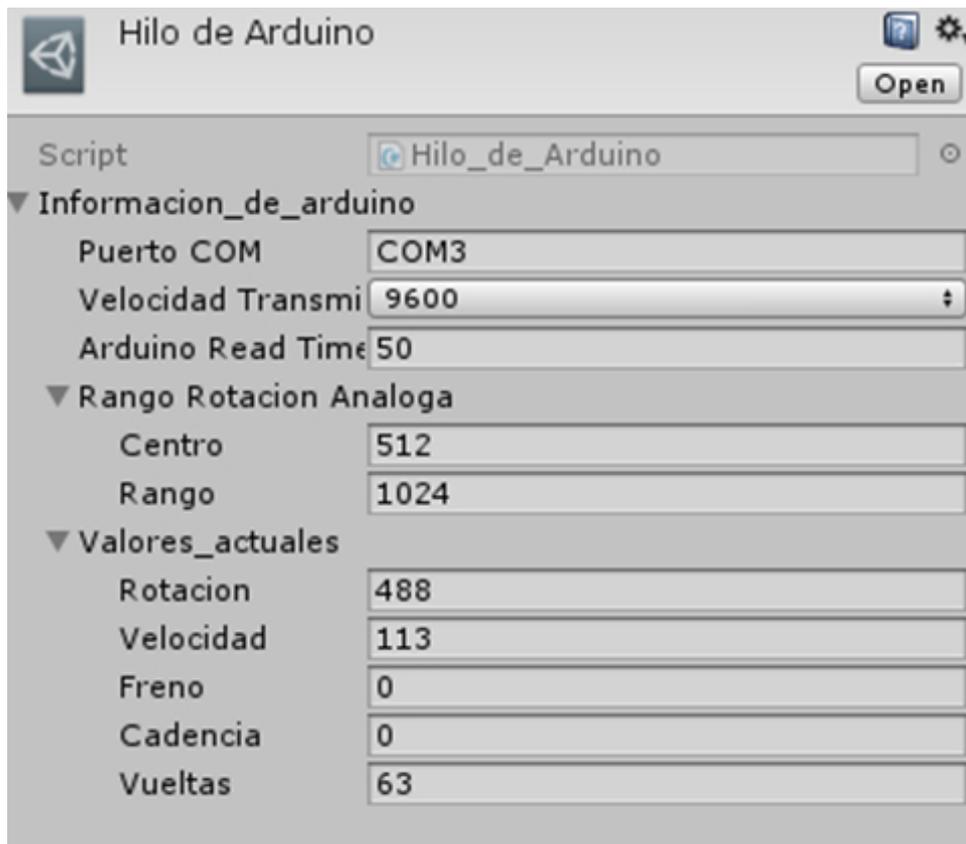


Figura 4.51: Menú del hilo en Unity. Fuente [9].

4. MECÁNICAS DE MOVIMIENTO

En esta sección se describe como se ejecutan las distintas acciones entre la bicicleta real y el modelo 3d en Unity, para ello se especificaran tanto los elementos físicos como los elementos de programación; además, la figura 4.52 muestra un diagrama de flujo que representa las mecánicas de funcionamiento implementadas en el entorno de RV, donde se exponen las posibilidades a las cuales el usuario puede acceder dependiendo de la decisión que tome.

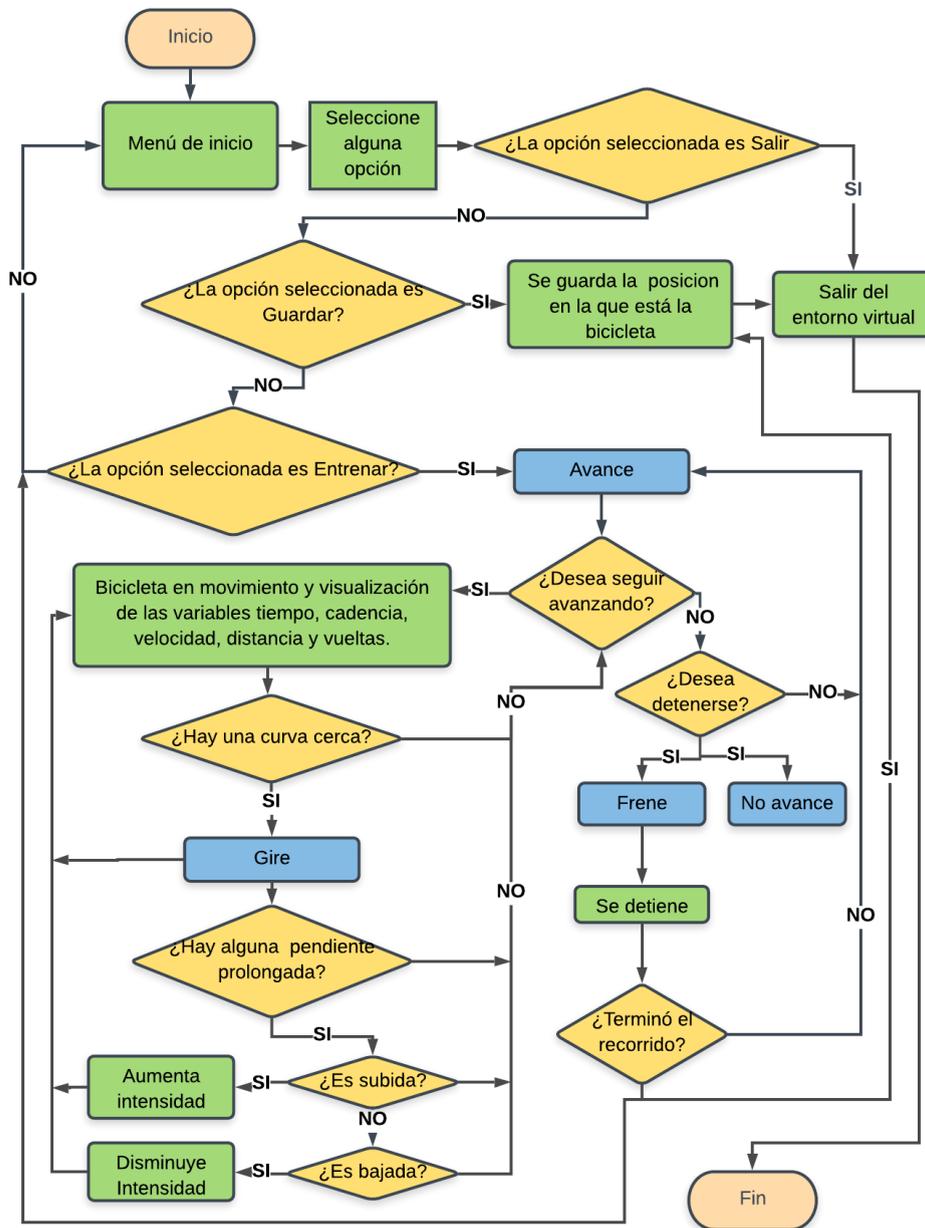


Figura 4.52: Diagrama de flujo mecánicas de movimiento. Fuente propia.

o **Control de movimiento de la bicicleta**

Detección de movimiento de la bicicleta 3D:

Para llevar a cabo el proceso de detección de movimiento y activación de los elementos, en primer lugar se definió la lectura de las variables a través del script Hilo_de_Arduino.cs, y posteriormente se adaptó al script RMCRealisticMotorcycleController.cs, que es donde se instauraron los movimientos de la Bicicleta 3D. Los movimientos u otras acciones que reconoce el modelo

dentro del entorno, son los siguientes:

- **Velocidad (Avanzar):** es accionado cuando el ciclista empieza a pedalear y procesado por un sensor de efecto hall.
- **Rotación (Dirigir):** Siempre está en ejecución, ya que no se acciona por medio de interrupciones, solo se envía; es aquí donde se simula la dirección de la bicicleta llevada a cabo a través de un potenciómetro, por ende siempre va obtener un valor, en un rango de 180 definido en el script de movimiento, sin importar cual, lo que ocasiona que el manillar o dirección adquiera cualquier posición según la posición del potenciómetro, sin importar cuál. Es ejecutada a través del movimiento de los brazos del ciclista.
- **Freno (Frenar):** La acción de frenar, es ocasionada cuando una interrupción es activada, el elemento que ocasiona dicho evento es un interruptor colocado en el freno de la bicicleta real, que se acciona con la mano.
- **Detección de movimiento de la cabeza:**

Dentro del modelo, se encuentra el prefab Player, el cual contiene la programación, que permite la detección de los sensores del dispositivo móvil (giroscopio y acelerómetro), con la cual se simula el efecto de movimiento de la cabeza dentro del entorno RV.

5. COMUNICACIÓN ENTRE UNITY Y ARDUINO

En este apartado describen los puntos que se tuvieron en cuenta, para lograr la comunicación entre el software (Unity) y el hardware (Arduino).

○ Descripción:

Primeramente para la comunicación se utilizaron las siguientes librerías:

- ◇ **Using System.IO.Ports:** Permite la utilización del puerto serial, para la transferencia de la información.
- ◇ **Using System.Threading:** Permite la creación y ejecución de hilos (threads).

Para llevar a cabo la comunicación entre el software y el hardware, se hizo necesario la implementación de un hilo adicional en Unity, que recibiera y sincronizara los datos emitidos en el puerto serial, para lograr esto se utili-

zan tres scripts:(Información_de_Arduino), (Hilo_de_Arduino) y (Ejecutar_Arduino), los cuales trabajan de manera simultánea.

En Informacion_de_Arduino.cs, se instauraron los parámetros para establecer la comunicación serial a través de las funciones Abrir_Puerto_Serial() (donde se estableció el puerto de comunicaciones , la velocidad de transmisión y el tiempo de respuesta) y Escribir_A_Arduino() (donde se realizaban las peticiones por medio de mensajes), por otro lado, en Informacion_de_Arduino.cs, se establecen los valores de lectura del potenciómetro de 0 - 1024 proporcionados por la clase Rango_de_Valores_Analogos y las variables de interacción tales como la rotación, velocidad, freno, contenidos en la clase Valores_de_tipo_Entero.

Por otro lado desde Hilo_de_Arduino.cs, se realizó la adaptación del hilo utilizando la herramienta [CreateAssetMenu (fileName, menuName, order)], la cual sirvió para la creación de un menú desplegable que contiene los parámetros establecidos del script Informacion_de_Arduino.cs, del mismo modo dentro del Hilo_de_Arduino.cs se instauraron las funciones Initialisation (), donde se iniciaba el hilo a través del método Start (), la función Configurar_Informacion_Arduino (), donde se verificaba si la conexión con Arduino era establecida, la función Lectura_Asincrona_Desde_Arduino(), donde se hacían las peticiones a Arduino de los datos contenidos en la cadena "ALL", que se envían a través del parámetro sCmd.addCommand(".^ALL", allHandler) contenido en Arduino, posteriormente se leyeron los valores del puerto serial utilizando el método "try - catch" y el atributo Readline(), consecutivamente se realizó la conversión de la cadena tipo string a entero, para que se pudieran visualizar y tratar los valores leídos, utilizando el método Parse() , por último en el Hilo_de_Arduino.cs se implementaron dos funciones, una que detecta, si Arduino está conectado, y otra que auto-detecta el puerto de comunicación, a través de las funciones Autodetección_Asincrona_Arduino() y la función AutodetectArduinoPort() respectivamente.

Finalmente el script Ejecutar_Arduino.cs contiene el método Start(), donde por medio de una condición if"se establece, si el hilo que contiene la información que está a punto de transmitirse, se ha ejecutado o no, de no haberse ejecutado, entonces se invoca a la función Initialisation () para que el hilo se ejecute.

- **Características generales de la comunicación**

Para la transmisión de los datos se empleó un tipo de comunicación de peticiones del sistema y para la interoperabilidad entre variables, se empleó una transmisión de información basada en hilos, que presenta algunas características propias tales como:

- Conmutación o multiplexión rápida de los procesos desarrollados en el hilo.
- Utiliza una estructura monohilo, es decir que la transmisión de los datos se hace de manera secuencial.
- Permite la concurrencia entre las distintas variables.
- Permite la activación/desactivación de interrupciones, presentes en los distintos eventos que ocurren con los distintos objetos físicos.
- Capacidad de respuesta rápida a las interrupciones.

6. ESCENA DE REALIDAD VIRTUAL

Esta sección, está destinada a mostrar la finalización del entorno RV, para ello se realizó la adaptación de las herramientas de RV, al entorno gráfico previamente implementado en la sección “Escena del entorno gráfico”, donde para lograr dicha adaptación, se utilizó el paquete gratuito GVR (*Google Virtual Reality*), descargado del repositorio Github[147]. A continuación se nombran las herramientas del paquete que se utilizaron para lograr la visualización en pantalla dividida, además del acceso a los sensores (giroscopio acelerómetro) del dispositivo móvil.

Algunas de las herramientas para la creación de la escena de realidad virtual:

- GvrControllerMain: Gestiona el estado del controlador de mando.
- GvrControllerPointer: Esta herramienta contiene el punto colocado en frente de la cámara de visualización en Unity.
- GvrEventSystem: Este elemento es el que permitió que el controlador Daydream tuviera acceso a Unity.
- GvrEditorEmulator: Con esta herramienta se simuló el movimiento de la cabeza.
- GvrInstantPreviewMain: Este componente nos permitió acceder a la visualización a través de la aplicación Instant Preview instalada en el dispositivo móvil, que utiliza el controlador Daydream.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- Player: El player nos permitió el acceso a la pantalla dividida y se ubicó dentro del modelo de la Bicicleta 3D.

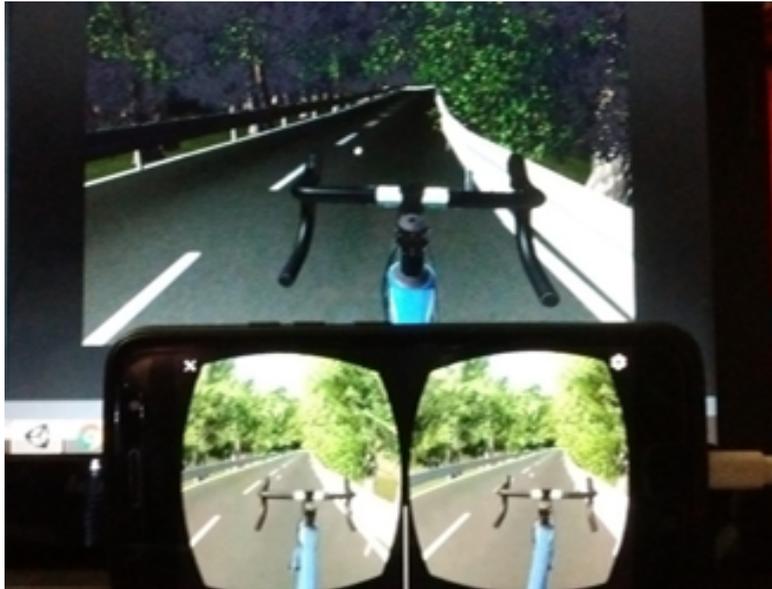


Figura 4.53: Visualización en pantalla de Unity vs el móvil utilizando GoogleVR.

FASE 5 - PRUEBAS Y RESULTADOS:

En esta fase se realizan las pruebas preliminares de funcionalidad del entorno de RV, teniendo en cuenta el cumplimiento con los requerimientos básicos pactados, es decir, procurando evaluar la validez y el desempeño del prototipo del entorno de RV final.



Figura 4.54: Visualización ordenador vs Motorola G5.

4.3.2. APLICATIVO SOFTWARE

Para el desarrollo del aplicativo software se establecieron una serie de fases que garantizan el procedimiento de construcción del mismo; obteniendo 4: Requerimientos, diseño y construcción, validación y resultado; a continuación se exponen cada una de las fases especificando su proceso hasta la obtención del producto final.

REQUERIMIENTOS

Para la obtención del aplicativo software, fue preciso tener en cuenta las necesidades e indicaciones de especialistas en el área de deporte y ciclismo de ruta contrarreloj, para lo cual se llevó a cabo una serie de reuniones, con el fin de establecer los requerimientos puntuales para la realización del mismo, teniendo como resultado los siguientes:

- Colocar una pantalla que permita ingresar los datos del competidor.
- Ubicar una pantalla que permita ingresar las mediciones obtenidas en la prueba para su posterior análisis.
- Calcular a partir de las mediciones y los datos del competidor las variables requeridas.
- Mostrar y almacenar los datos de las variables calculadas.
- Mostrar y almacenar las gráficas de las respectivas variables calculadas.
- Proporcionar una aplicación amigable al usuario, con mensajes que permitan re direccionar de manera adecuada el buen uso de la misma.
- Crear botones de acceso para el buen desarrollo del aplicativo.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La fase de diseño y construcción del aplicativo se desarrolló inmediatamente después de la obtención de los requerimientos presentados en el apartado anterior. En esta fase se precisa relacionar la interacción del usuario con la interfaz gráfica de usuario (GUI), desplegando un esquemático lógico y comprensible de la aplicación, tomando como objetivo primordial la buena comunicación y orientación del usuario en el transcurso de la utilización de la interfaz. Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, se realizó un diagrama de caso de uso de interacción entre el usuario y la GUI, seguido de una tabla que describe las pantallas según su prioridad, además del diagrama de secuencia del aplicativo que expone un esbozo de las pantallas con

las que interactuara el usuario, procurando describir la información a la que tendrá acceso; por último, se diseñó un diagrama de despliegue que contiene la etapa de obtención de las mediciones hasta su procesamiento y calculo en la interfaz gráfica(ver anexo C).

VALIDACIÓN

Esta fase es la encargada de la valoración del aplicativo software respecto a su funcionalidad, con la pretensión de ubicar las fallas que puede tener el mismo, para lo cual se emplean 2 actividades, revisión y certificación buscando garantizar la calidad y eficacia del aplicativo software; a continuación se especifican estas actividades:

- **Revisión:** Actividad en la que se verifica y garantiza el cumplimiento de las indicaciones o requerimientos técnicos establecidos para el buen funcionamiento de la GUI, a partir de una inspección en base a la usabilidad, con el fin de reconocer y registrar las fallas que esta pueda presentar para su posterior corrección.
- **Certificación:** Esta actividad se encarga de evidenciar que la GUI cumple con las características trazadas y funciona de manera óptima en condiciones de uso real.

RESULTADO DEL APLICATIVO SOFTWARE

Con base a la estructura y descripciones especificadas en apartados anteriores, se desarrolló un aplicativo con el nombre “EntrenamientoRV”, construido a partir del entorno grafico GUI del software Matlab, direccionado al uso por parte de especialistas o personas relacionadas en el área de deporte, más específicamente a la disciplina de ciclismo de ruta; la GUI tiene como fin principal calcular y presentar la información de las medidas resultantes durante el entrenamiento de ciclismo contrarreloj con el método de RV después de la finalización del mismo. “EntrenamientoRV” es un ejecutable que al iniciarse presenta una pantalla de inicio, en la cual se puede encontrar el logo de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, y el despliegue de dos botones; uno para ingresar y el otro para salir (ver figura 4.55).



Figura 4.55: GUI: Pantalla de inicio.

Al presionar el botón ingresar, se da acceso a la pantalla cargar datos (ver figura 4.56), en ella se observan una serie de campos a completar, dichos campos solicitan la información básica del competidor, además de 4 botones, los cuales tienen como funciones retroceder a la pantalla anterior, avanzar a la pantalla siguiente, almacenar los datos del competidor; además de crear el archivo RESULTADOS.xlsx en el cual se recopilaran los resultados de las variables calculadas a partir de las mediciones.



Figura 4.56: GUI: Pantalla cargar datos.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Terminando la creación del archivo de exportación y guardando los datos del competidor, se tiene el botón siguiente con el cual se accede a la pantalla datos medidos (ver figura 4.57), la cual contiene 3 campos a complementar, y 4 botones, los cuales permiten volver a la pantalla anterior, avanzar a la pantalla siguiente, cargar el archivo .txt que contiene las mediciones del entrenamiento efectuado y un botón para guardar y analizar las mediciones.

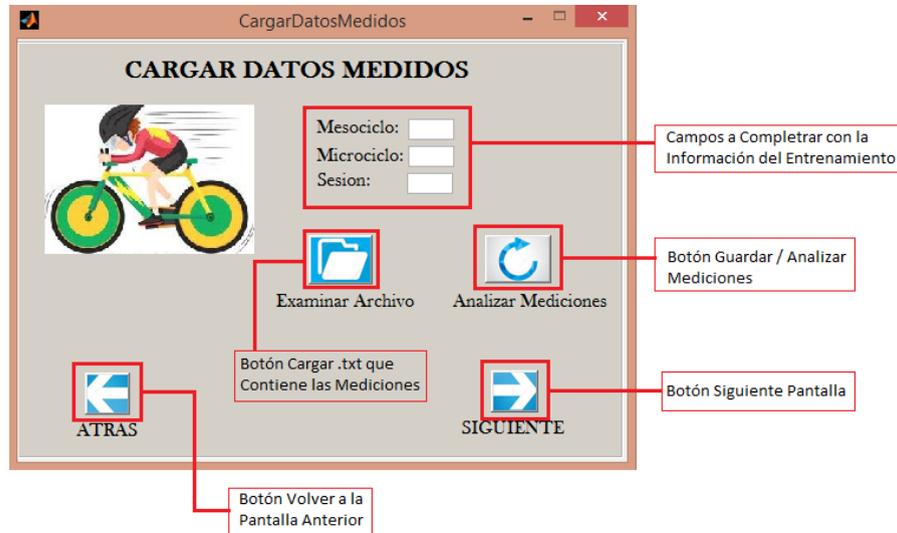


Figura 4.57: GUI: Pantalla cargar datos medidos.

Inmediatamente después de cargar los datos medidos, la siguiente pantalla es calcular datos (ver figura 4.58), la cual contiene un panel de opciones que muestra las variables que se desean calcular, vinculada a un botón que re direcciona a cada pantalla que contiene los resultados de la variable escogida (ver figuras 4.59,4.60,4.61).

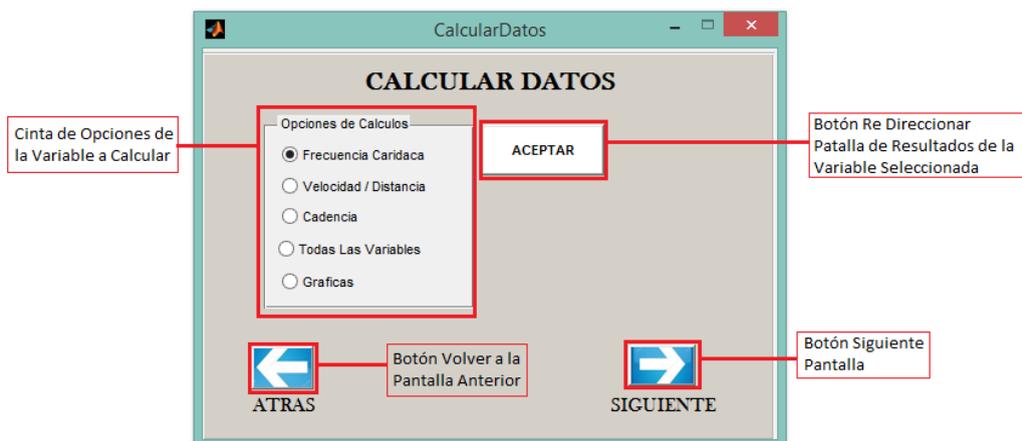


Figura 4.58: GUI: Pantalla calcular datos.

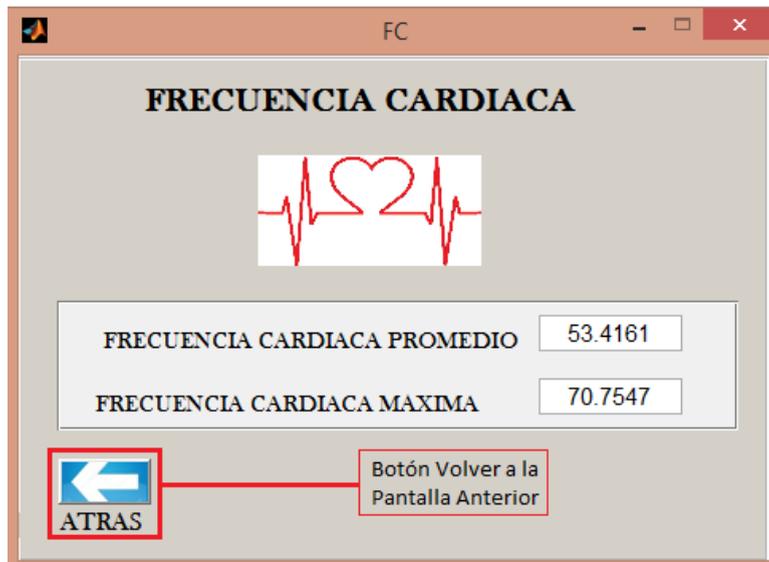


Figura 4.59: GUI: Pantalla frecuencia cardiaca.



Figura 4.60: GUI: Pantalla distancia/velocidad.



Figura 4.61: GUI: Pantalla cadencia.

Seguidamente, en la pantalla calcular datos (ver figura 4.58) existen dos ítems los cuales presentan características distintas; el ítem Todas las variables, que despliega la pantalla todas las variables (ver figura 4.62), la cual contiene una tabla con todas los valores de las variables calculadas y un botón el cual permite guardar los datos en el archivo RESULTADO.xlsx; por otro lado, el ítem gráficas despliega la pantalla gráficas (ver figura 4.63), en la cual existe una cinta de opciones que representan la gráfica que se desea obtener ligada a dos botones, los cuales permiten obtener la gráfica deseaba en la pantalla o guardar la gráfica obtenida.

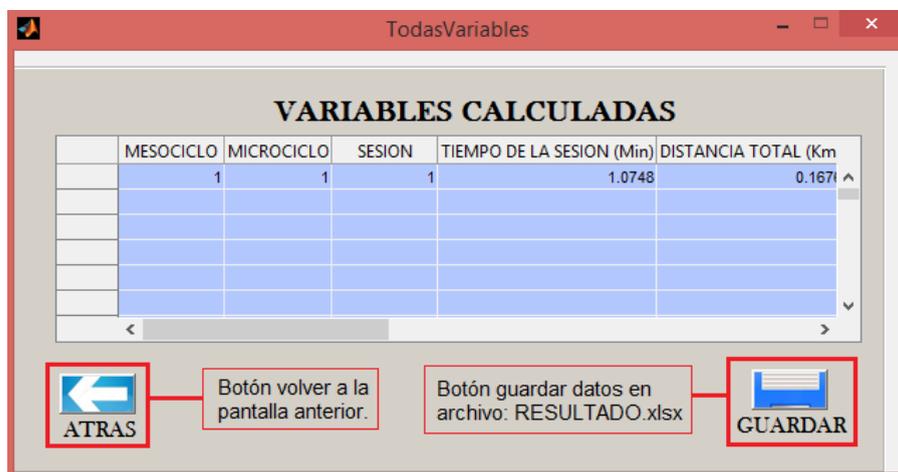


Figura 4.62: GUI: Pantalla todas las variables.

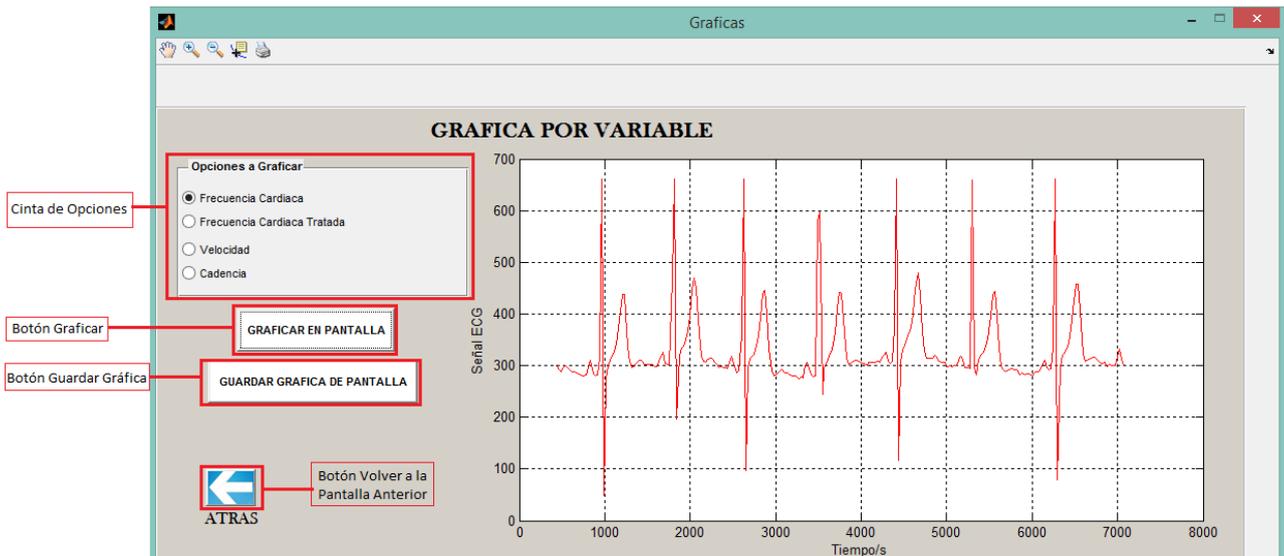


Figura 4.63: GUI: Pantalla gráficas.

Ahora bien, a partir de la pantalla calcular datos (ver figura 4.58) se puede avanzar a la pantalla final (ver figura 4.64) la cual contiene 3 botones, que tienen como funciones, limpiar todos los datos, volver a la pantalla cargar datos (ver figura 4.56) para cambiar los datos del competidor y volver a la pantalla cargar datos medidos (ver figura 4.57) para cargar nuevas mediciones; además de los botones atrás y cerrar.



Figura 4.64: GUI: Pantalla final.

4.4. IMPLEMENTACION GENERAL DEL PROTOTIPO

A continuación se presenta una serie de fases, que tienen como fin último explicar de qué manera se debe de implementar y ejecutar el presente prototipo para la toma de pruebas en un entrenamiento deportivo para un ciclista contrarreloj (ver figura 4.65):



Figura 4.65: Fases para la implementación del prototipo.

- **Ejecución del Software:** Primeramente se encienden las placas “simulador RV” y “adquisición”, posteriormente se ejecuta el entorno de RV por medio del computador, seguidamente se verifica la comunicación entre las placas y se presiona el botón inicio para la toma de datos, inmediatamente después el deportista (ciclista) procede a empezar la prueba.
- **Medición:** En esta etapa se toman los datos de los sensores de efecto hall y el de frecuencia cardiaca (FC) AD8232 para su posterior recopilación y tratamiento.
- **Adquisición de datos:** A partir del uso de la placa de adquisición de datos compuesta por la tarjeta arduino mega 2560, se adquieren y almacenan los datos en una memoria micro SD.
- **Tratamiento y gestión de los datos:** Esta etapa es la encargada de realizar el tratamiento, visualización y monitoreo de los resultados obtenidos a través del aplicativo software, para lo cual es necesario la implementación de un computador y la memoria micro SD que contiene los datos recopilados durante la prueba.

4.5. FICHA TÉCNICA DEL PROTOTIPO

<p>PROTOTIPO DE REALIDAD VIRTUAL PARA CICLISMO DE RUTA</p>	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CAJA ELECTRÓNICA	
DIMENSIONES	MEDIDAS
ALTURA	16 cm
ANCHO	3.5 cm APOX.
LARGO	10 cm
EMPAQUE	
MATERIAL	ACRILICO TRANSPARENTE
CUBIERTA	RECUBIERTO CON PAPEL CONTACT AZUL
PESO DEL PRODUCTO	
PESO	84 gr
ELEMENTOS ELECTRONICOS	
<p>2 SENSORES DE EFECTO HALL PARA LA MEDICIÓN DE LAS VARIABLES VELOCIDAD, CADENCIA Y DISTANCIA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN: 5 A 15V - CONTIENE SALIDA DIGITAL Y ANALÓGICA - TAMAÑO: 36X36 mm APROX
<p>1 POTENCIOMETRO LINEAL ROTATORIO DE 10K, PARA SIMULAR EL MOVIMIENTO DEL MANILLAR DE LA BICICLETA EN EL ENTORNO VIRTUAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - RESISTENCIA: 0 – 10K - POTENCIA: 1/4 W - LARGO DE PERILLA: 12mm - MONTAJE: PARA PLACA - TERMINALES: 3 PINES
<p>1 ADAPTADOR PARA MICRO SD CARD DE 2GB, PARA GUARDAR LOS VALORES MEDIDOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - MODELO: TF5PI/SDIO. - VOLTAJE DE OPERACION: 3.3V/5V.
<p>1 PULSADOR, PARA SIMULAR EL FRENO DE LA BICICLETA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - PULSADOR DE PRESION EMPOTRABLE - VOLTAJE: 1-25V - CORRIENTE: 3 A - TERMINALES: 2 - NORMALMENTE ABIERTO
<p>1 SENSOR DE FRECUENCIA CARDIACA AD8232, PARA MEDIR LAS RPM DEL CICLISTA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - VOLTAJE DE OPERACIÓN: 3.3V - 1 SALIDA ANÁLOGA - 1 SALIDA DIGITAL - PINES: 8(2 DE ALIMENTACIÓN) ,(6 CONEXIÓN) - 1 JACK DE CONEXIÓN DE 3.5 mm PARA CONEXIÓN DE ELECTRODOS BIOMÉDICOS

Tabla 4.10: Ficha técnica del prototipo funcional.

CAPÍTULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

TARJETA ADQUISICION DE DATOS ARDUINO MEGA 2560	<ul style="list-style-type: none"> - VOLTAJE DE ENTRADA: 5V – 12V. - VOLTAJE DE OPERACIÓN: 5V. - FRECUENCIA DE TRABAJO: 16MHZ. - CORRIENTE: 40Ma.
ELEMENTOS MECANICOS	
1 MECANISMO GIRATORIO PARA POTENCIOMETRO	- MATERIAL: PLASTICO
1 BASE PARA SENSOR DE EFECTO HALL QUE MIDE VELOCIDAD	- MATERIAL: PLASTICO
1 BASE PARA SENSOR DE EFECTO HALL QUE MIDE CADENCIA DE PEDALEO	- MATERIAL: PLASTICO
1 BANDA ELASTICA	-MATERIAL: CAUCHO
1 GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL	<ul style="list-style-type: none"> - MATERIAL: CARCASA EN PLASTICO ABS. - MEDIDAS: 18 X 13 X 10 - APTO PARA CASI TODOS LOS TELEFONOS ANDROID/IOS
1 CICLOSIMULADOR PRODALCA	<ul style="list-style-type: none"> - PESO: 5.7 KILOGRAMOS APROX - MEDIDAS: ALTO 42.5 – LARGO 54.4 – ANCHO 11 (cm).
<p>Nota: Para la utilización óptima del prototipo en general se requiere un dispositivo móvil que cumpla con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema operativo Android. - Aplicación Google Daydream: Visualización en pantalla dividida de realidad virtual. - Aplicación Instant Preview: Comunicación entre Android y Unity. 	
GESTION DE UPS	
PUERTO DE COMUNICACIONES	RS232
APLICATIVO SOFTWARE	MATLAB VERSION r2009b
ENTORNO DE DESARROLLO GRAFICO	UNITY PERSONAL VERSION 2017.3
<p>DESCRIPCION</p> <p>Prototipo de realidad virtual para el entrenamiento de ciclismo de ruta en la modalidad de contrarreloj individual. Contiene sensores que permiten estimar las mediciones de algunas variables implicadas en el ciclismo, otorga la ventaja de guardar las mediciones en una memoria micro SD y observar el comportamiento de dichas medidas por medio de un aplicativo software, además cuenta con elementos mecánicos, que definen la funcionalidad y las mecánicas de funcionamiento dentro del entorno de realidad virtual, el cual es proyectado a través de un dispositivo móvil con sistema operativo Android en conjunto con unas gafas de realidad virtual.</p>	
<p>VENTAJAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comunicación hombre – máquina. - Permite la realización de entrenamientos largos de ciclismo de contrarreloj, bajo techo. - Utiliza la implementación de entornos naturalistas 3d que se asemejan a la realidad. - Posibilita la adquisición y el tratamiento de las variables que se miden en el ciclismo de contrarreloj. - Contiene un alto grado de realismo interactivo debido a que utiliza la tecnología de realidad virtual para proyectar entornos virtuales, con los que el usuario interactúa. - Guarda semejanzas con un dispositivo comercial e cuanto a las variables medidas. 	

Tabla 4.11: Ficha técnica del prototipo funcional.

Capítulo 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se presenta el protocolo de la prueba, el plan de entrenamiento diseñado para cada deportista, así como las características de los mismos, además de la descripción y correcta utilización del sistema en general. Finalmente se presentan los resultados obtenidos para su correcto análisis.

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Deportistas competitivos de categoría sub 23 pertenecientes a la escuela de ciclismo de Totoró con características competitivas y con proceso de entrenamiento vigente con la escuela mencionada.

5.1.1. MUESTRA:

Se seleccionaron dos competidores con características fisiológicas y competitivas similares, pertenecientes a la escuela de ciclismo de Totoró categoría sub 23, a continuación se realiza una breve descripción de cada uno.

COMPETIDOR 1:

NOMBRE: Jhonnier Alexander Rivera.

CATEGORIA: Sub 23.

ESPECIALIDAD: Ciclismo Contrarreloj Individual.

NIVEL: Competitivo.

INSTITUCIÓN: Escuela de Ciclismo de Totoró.

CARACTERISTICAS GENERALES COMPETIDOR 1						
EDAD	PESO	ESTATURA	GENERO	PER. RUEDA	FC MAXIMA	FC MAXIMA TEORICA
20	58,5Kg	1.64cm	Masculino	rin 700	181	194.1

Tabla 5.1: Características generales del competidor 1.

COMPETIDOR 2:

NOMBRE: Cristian Fernando Canacuan.

CATEGORIA: Sub 23.

ESPECIALIDAD: Ciclismo Contrarreloj Individual.

NIVEL: Competitivo.

INSTITUCIÓN: Escuela de Ciclismo de Totoró.

CARACTERISTICAS GENERALES COMPETIDOR 2						
EDAD	PESO	ESTATURA	GENERO	PER. RUEDA	FC MAXIMA	FC MAXIMA TEORICA
21	55Kg	1.65cm	Masculino	rin 700	173	193

Tabla 5.2: Características generales del competidor 2.

5.1.2. PROTOCOLO PRUEBA 1: ENTRENAMIENTO TRADICIONAL

Las pruebas de entrenamiento son implementadas en carretera, en un terreno ondulado, constan de 5 microciclos y seis sesiones semanales realizadas a partir de una planificación de entrenamiento específica para el competidor, haciendo uso del modelo de planificación tradicional de Matveiev, con base en un entrenamiento deportivo de tipo físico, aplicando tres principios de entrenamiento: principio del aumento progresivo de las cargas, el principio de variaciones ondulatorias de las cargas y el principio de individualización, bajo una estructura de planificación compuesta por periodos, mesociclos, microciclos, y sesiones. Se determinó la carga de entrenamiento analizando el comportamiento de los parámetros de índice, volumen y frecuencia

según el modelo de planificación utilizado; apoyados en las zonas de entrenamiento del deportista según la frecuencia cardiaca máxima teórica y la escala RPE de Borg; además, se aplican 3 tipos de cuantificación de entrenamiento: diaria, de monitorización fisiológica y de observación directa, con el fin de recopilar los datos suficientes que sirvan para el posterior análisis y evaluación de la eficiencia del entrenamiento; la planificación resultante se evidencio a partir del desarrollo de dos tipos de documentos un plan de entrenamiento escrito y uno grafico (ver anexo D). Se realiza cada microciclo una prueba de control, definida como una contrarreloj, cada prueba se realiza bajo la supervisión y acompañamiento del entrenador asignado por la escuela de ciclismo de Totoró, en el anexo E se especifica el protocolo de la prueba de manera mas especifica.



Figura 5.1: Competidor 1.

5.1.3. PROTOCOLO PRUEBA 2: ENTRENAMIENTO CONTEMPORANEO CON RV

Las pruebas de entrenamiento son implementadas en rodillo haciendo uso del prototipo de realidad virtual para su posterior comparación; en general la prueba consta de 5 microciclos de seis sesiones cada uno, con una prueba de control en la sesión seis aplicada a partir de una competición de contrarreloj individual; para el desarrollo de estas pruebas se estableció una planificación de entrenamiento deportivo para un ciclista de contrarreloj individual de categoría sub 23, sobre la base del modelo A.T.R de planificación contemporánea acompañado de la tecnología de la realidad virtual; se tuvo en cuenta 3 principios de entrenamiento; principio del aumento progresivo

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

de las cargas, el principio de variaciones ondulatorias de las cargas y el principio de individualización, la carga de entrenamiento se especificó a partir del comportamiento de los parámetros de volumen, intensidad y frecuencia, apoyados en las zonas de entrenamiento del individuo calculadas a partir de la variable de frecuencia cardiaca máxima teórica y teniendo en cuenta la intensidad del esfuerzo percibido RPE utilizando la escala de Borg, se planifico bajo una estructura de mesociclos de acumulación, transformación y realización; se recopiló la cuantificación del entrenamiento mediante los modelos de cuantificación diaria, de monitorización fisiológica y observación directa; lo anterior con el fin de establecer un análisis que permita determinar la eficiencia del entrenamiento empleado y el estado de forma o rendimiento del deportista participante. El documento final de planificación consta de 2 partes un plan escrito y un plan gráfico, los cuales se pueden observar con mayor detenimiento en el anexo D. Las variables involucradas son recopiladas a partir del uso del prototipo de RV, con el cual se gestionan los resultados para su posterior análisis; el uso de dicho prototipo se especifica en apartados anteriores, cada prueba se realiza bajo la supervisión y acompañamiento del entrenador asignado por la escuela de ciclismo de Totoró.



Figura 5.2: Competidor 2.

Para garantizar que el plan de entrenamiento contemporáneo con tecnología de RV contenga parámetros de la carga semejantes al plan de entrenamiento tradicional fue necesario la caracterización de los terrenos o las rutas que se implementaron en carretera, para lo cual como primera medida se utilizó la aplicación gratuita Strava versión 88.0.0 para encontrar los perfiles de las rutas. A continuación se presentan los perfiles de las rutas principales bajo las cuales se implementó la caracterización de la oposición al rodillo para simular algunas pendientes o repechos.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

RUTA PRINCIPAL CONTRARRELOJ:

Recorrido: Popayán – Piendamó.

Distancia: 24 Km.

Desnivel: 422 Mtrs.

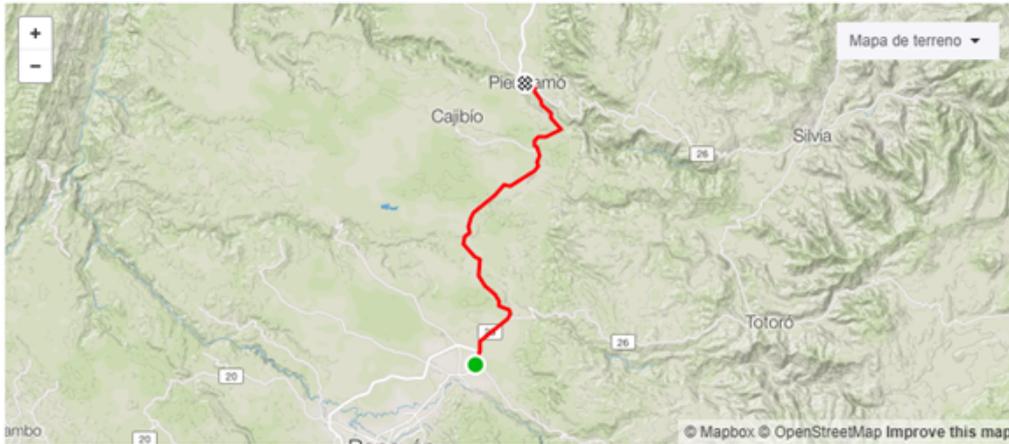


Figura 5.3: Terreno ruta 24 kilómetros.



Figura 5.4: Perfil del terreno ruta 24 kilómetros.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

 "COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "			
FACULTAD: INGENIERIAS	PROGRAMA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA	INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS	
RUTA PRINCIPAL CONTRARRELOJ 24 KM			
SEGMENTO	DISTANCIA (Km)	DIFERENCIA DE ALTITUD (Metros)	PENDIENTE MEDIA (%)
1) Puente Norte - Cofre	9.12	128	-1.2
2) Rio Blanco.	1.72	63	3.70
3) Lacteos Colombia.	0.83	48	5.40
4) El cofre - El cairo.	6.07	178	2.80
5)	1.70	86	5.00
6)	2.00	68	4.63

Tabla 5.3: Segmentos del terreno ruta 24 kilómetros.

RUTA PRINCIPAL:

Recorrido: Silvia – Santander - Silvia.

Distancia: 150 Km.

Desnivel: 3.104 Mtrs.



Figura 5.5: Terreno ruta 150 kilómetros.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS



Figura 5.6: Perfil del terreno ruta 150 kilómetros.

 "COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ"			
FACULTAD: INGENIERIAS	PROGRAMA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA	INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS	
RUTA PRINCIPAL 150 KM			
SEGMENTO	DISTANCIA (Km)	DIFERENCIA DE ALTITUD (Metros)	PENDIENTE MEDIA (%)
1) Piendamó Tunia (puente a puente).	3.96	156	-2.9
2) Tunia - Pescador (puente a puente)	16.53	301	-1.1
3) La esterlina.	0.72	49	6.7
4) Ascenso la Agustina.	4.61	297	6.4
5) Mondomo.	19.75	310	1.3
6) Pescador - Tunia.	16.84	323	1.1
7) Piendamó Kilometro 18 a Silvia	14.84	610	4.1

Tabla 5.4: Segmentos del terreno ruta 150 kilómetros.

A partir de los perfiles anteriormente descritos se caracterizó los cambios en el rodillo que generan la oposición o fuerza en contra al ciclista haciendo uso de la escala subjetiva de esfuerzo RPE para ciclismo propuesta por Borg, se caracterizó cada segmento o repecho de la ruta según la percepción del competidor o ciclista el cual realizó los recorridos y determinó con ayuda de la escala RPE que cambio en el rodillo se debería de accionar en que segmento y durante cuanta distancia.

A continuación se presenta la tabla (5.5) que permite relacionar el nivel de esfuerzo frente al índice de cambio efectuado por el mecanismo del rodillo.

ESCALA	DESCRIPCION	CAMBIO PALANCA - RODILLO
1	Recuperación	0
2	Sumamente Fácil	0
3	Fácil	1
4	Moderado	2
5	Algo duro	3
6	Duro	3
7	Muy Duro	4
8		4
9		4
10	Máximo	5

Tabla 5.5: Escala RPE de Borg en relación con mecanismo de palanca en el rodillo.

A partir de los perfiles descritos (ver tabla 5.6) y haciendo uso de la tabla 5.5 se caracterizaron los cambios en el rodillo que generaran la oposición o fuerza en contra al ciclista, obteniendo así la tabla 5.7 la cual expone los niveles de cambio que se deben accionar en el rodillo durante cada ruta o sesión de entrenamiento; se debe de tener en cuenta que este cambio de esfuerzo es solo un componente que hace parte de los parámetros de la carga y que conjuntamente con los componentes de intensidad, volumen y frecuencia especificados en la planificación de entrenamiento (ver anexo D) se determina la semejanza de la carga de esfuerzo entre la planificación de entrenamiento tradicional y la planificación de entrenamiento contemporánea con la tecnología de la realidad virtual. En el anexo E se especifica el protocolo de la prueba de manera más específica, enunciando los pasos para implementar cada sesión del entrenamiento contemporáneo con realidad virtual.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "														
REPECHO														
RUTA (Km)	1		2		3		4		5		6		7	
	DISTANCIA (Km)	PENDIENTE (%)												
150	3.96	-2.9	16.53	-1.1	0.72	6.7	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1
149	3.96	-2.9	16.53	-1.1	0.72	6.7	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1
147	3.96	-2.9	16.53	-1.1	0.72	6.7	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1
146	3.96	-2.9	16.53	-1.1	0.72	6.7	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1
145	3.96	-2.9	16.53	-1.1	0.72	6.7	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1
144	3.96	-2.9	16.53	-1.1	0.72	6.7	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1
142	3.96	-2.9	16.53	-1.1	0.72	6.7	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1
140	3.96	-2.9	16.53	-1.1	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1		
135	3.96	-2.9	16.53	-1.1	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1		
130	3.96	-2.9	16.53	-1.1	4.61	6.4	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1		
125	3.96	-2.9	16.53	-1.1	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1				
120	3.96	-2.9	16.53	-1.1	19.75	1.3	16.84	1.1	14.84	4.1				
24	9.12	-1.2	1.72	3.70	0.83	5.40	6.07	2.80	1.7	5.00	1.86	4.63		
20	9.12	-1.2	1.72	3.70	0.83	5.40	6.07	2.80	1.7	5.00				
18	9.12	-1.2	1.72	3.70	0.83	5.40	6.07	2.80						

Tabla 5.6: Segmentos o repechos de cada ruta.

	"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ"						
	REPECHO						
	1	2	3	4	5	6	7
RUTA (Km)	CAMBIO	CAMBIO	CAMBIO	CAMBIO	CAMBIO	CAMBIO	CAMBIO
150	0	0	4 - 5	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4
149	0	0	4 - 5	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4
147	0	0	4 - 5	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4
146	0	0	4 - 5	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4
145	0	0	4 - 5	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4
144	0	0	4 - 5	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4
142	0	0	4 - 5	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4
140	0	0	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4	
135	0	0	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4	
130	0	0	3 - 4	1 - 2	1 - 2	3 - 4	
125	0	0	1 - 2	1 - 2	3 - 4		
120	0	0	1 - 2	1 - 2	3 - 4		
24	0	2 - 3	3 - 4 - 5	2 - 3	3 - 4 - 5	3 - 4	
20	0	2 - 3	3 - 4 - 5	2 - 3	3 - 4 - 5		
18	0	2 - 3	3 - 4 - 5	2 - 3			

Tabla 5.7: Caracterización del esfuerzo por cambios de las rutas.

5.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

5.2.1. ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis de los datos, se realizó un análisis invariado de las variables distancia, tiempo, velocidad, frecuencia cardiaca y cadencia, aplicando medidas de tendencia central y de dispersión media, mediana, moda, desviación estándar, mínimo y máximo; por otra parte, con el propósito de demostrar la fiabilidad de la investigación y la importancia clínica de los resultados, se realizó un análisis estadístico a través del software IBM SPSS Statistics 24, lo anterior para determinar si existen diferencias significativas entre los dos métodos de estudio, para ello se utilizó una prueba de

hipótesis conocida como la prueba t – Student para muestras relacionadas, la cual se analiza a partir del valor “p” o valor de significancia.

El valor obtenido de significancia “p”, insta a si existen o no diferencias relevantes en la comparación de dos o más variables de estudio, del mismo modo, se utiliza para analizar si una variable es mayor o menor que otra, esto sirve para determinar la fiabilidad de la investigación, para ello se debe primero comprobar que los datos estén normalizados y posteriormente establecer las dos hipótesis de estudio[148], las cuales se describen a continuación:

- **Hipótesis nula (H0):** Indica que un parámetro de la población (tal como la media, la desviación estándar, etc.) es igual a un valor hipotético. La hipótesis nula suele ser una afirmación que se basa en análisis previos o en conocimiento especializado[148].
- **Hipótesis alternativa (H1):** La hipótesis alternativa indica que un parámetro de la población es más pequeño, más grande o diferente del valor hipotético de la hipótesis nula. Propone lo que el investigador podría pensar que es cierto o que espera probar que es cierto[148].

Ahora bien, para aceptar alguna de las dos hipótesis descritas, se debe tener en cuenta el valor que tome “p”, para ello se analiza de la siguiente forma:

- Si el valor de significancia “p” >0.05 se determina que las medias no difieren, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, y se dice que carece de significancia[149].
- Si el valor de significancia “p” <0.05 existen diferencias significativas, por ende se establece que la investigación es fiable y es así, como se descarta la hipótesis nula; expresado de otra manera, esto representa una seguridad del 95 %, que la asociación qobjeto de estudio no está dada por el azar[149].

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Para establecer los resultados obtenidos, semanalmente durante el entrenamiento, se realizaron 7 pruebas de contrarreloj donde se ejecutó una prueba inicial para establecer las capacidades físicas en el que se encontraba cada ciclista como un primer acercamiento, posteriormente se implementaron 5 pruebas de control cada domingo una vez terminadas las sesiones de entrenamiento semanal y por último una prueba final, para determinar las posibles ventajas, mejoras o desventajas que se obtuvieron una vez completado el entrenamiento.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Con la finalidad de asociar las muestras entre sí y de analizar su comportamiento, se utilizó una nomenclatura para denominar a los dos participantes que desarrollaron los entrenamientos, donde al participante que realizó el entrenamiento tradicional (ET) se lo denotó como P1, y al participante que efectuó el entrenamiento virtual (EV) se lo denotó como P2, del mismo modo a continuación se presenta una tabla de acrónimos y significados de las variables implicadas en el estudio.

VARIABLE	ACRONIMOS Y SIGNIFICADOS				
DISTANCIA	DISTANACIAET		DISTANCIAEV		ET ENTRENAMIENTO TRADICIONAL
	DISTANCIA (ET)		DISTANCIA (EV)		
TIEMPO	TIEMPOET		TIEMPOEV		
	TIEMPO (ET)		TIEMPO (EV)		
VELOCIDAD	VELPROMET	VELPROMEV	VELMAXET	VELMAXEV	EV ENTRENAMIENTO VIRTUAL
	VELOCIDAD PROMEDIO (ET)	VELOCIDAD PROMEDIO (EV)	VELOCIDAD MAXIMA (ET)	VELOCIDAD MAXIMA (EV)	
FRECUENCIA CARDIACA	FCPROMET	FCPROMEV	FCMAXET	FCMAXEV	
	FRECUENCIA CARDIACA PROMEDIO (ET)	FRECUENCIA CARDIACA PROMEDIO (EV)	FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA (ET)	FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA (EV)	
CADENCIA	CADPROMET	CADPROMEV	CADMAXET	CADMAXEV	
	CADENCIA PROMEDIO (ET)	CADENCIA PROMEDIO (EV)	CADENCIA MAXIMA (ET)	CADENCIA MAXIMA (EV)	

Tabla 5.8: Acrónimos de las variables.

Para llevar a cabo la aplicación de la estadística a las pruebas de contrarreloj, se optó por seguir el siguiente proceso:

1. Obtener las tablas de frecuencias.
2. Constituir las pruebas de normalidad y las pruebas de hipótesis.
3. Aplicar la prueba t – Student para muestras relacionadas.
4. Realizar la inferencia estastitica.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

A continuación se describen los resultados del análisis estadístico obtenidos a partir de la aplicación del anterior proceso descrito.

Tablas de Frecuencias:

Para obtener las tablas de frecuencia se ordenaron los datos de las variables en una base de datos en el software SPSS Statics aplicando un análisis estadístico de tipo descriptivo con lo cual se obtuvieron los resultados plasmados en las siguientes tablas:

	DISTANCIA ET	DISTANCIA EV	TIEMPO ET	TIEMPO EV	VELPROM ET	VELPROM EV	VELMAX ET	VELMAXEV
N Válido	7	7	7	7	7	7	7	7
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	22,0000	22,0386	43,4571	33,3143	27,2986	39,8886	72,1286	55,5614
Mediana	24,0000	23,9600	39,5600	31,6800	24,9200	38,0800	72,7000	58,2000
Moda	24,00	18,10 ^a	39,30	26,48 ^a	23,28	28,65 ^a	72,08 ^a	37,45 ^a
Desviación estándar	2,58199	2,59085	7,34709	5,92713	5,23740	6,58335	3,82425	11,23269
Varianza	6,667	6,713	53,980	35,131	27,430	43,341	14,625	126,173
Rango	6,00	6,04	18,66	15,63	14,62	19,25	11,23	35,25
Mínimo	18,00	18,10	36,03	26,48	23,28	28,65	64,00	37,45
Máximo	24,00	24,14	54,69	42,11	37,90	47,90	75,23	72,70

Tabla 5.9: Tabla de frecuencias pruebas de contrarreloj.

	FCPROM ET	FCPROM EV	FCMAXET	FCMAXEV	CADPROM ET	CADPROM EV	CADMAX ET	CADMAX EV
N Válido	7	7	7	7	7	7	7	7
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	149,5714	145,5714	176,2857	171,1429	78,8571	85,8571	91,2857	106,2857
Mediana	148,0000	148,0000	181,0000	171,0000	78,0000	88,0000	86,0000	106,0000
Moda	148,00	148,00	181,00	173,00	78,00	82,00	84,00	98,00 ^a
Desviación estándar	4,61364	10,69045	7,20450	2,73426	5,04739	6,03955	11,88436	5,37631
Varianza	21,286	114,286	51,905	7,476	25,476	36,476	141,238	28,905
Rango	15,00	31,00	16,00	8,00	16,00	17,00	31,00	16,00
Mínimo	143,00	125,00	166,00	167,00	72,00	76,00	75,00	98,00
Máximo	158,00	156,00	182,00	175,00	88,00	93,00	106,00	114,00

Tabla 5.10: Tabla de frecuencias pruebas de contrarreloj.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Según los datos obtenidos en la tablas de frecuencias 5.9 5.10 se pudo observar que los valores de las variables agrupadas muestran diferencias entre sí, ya que la media difiere en cada grupo de variables, como por ejemplo en la variable tiempo en el entrenamiento tradicional(TIEMPOET) frente al entrenamiento de realidad virtual(TIEMPOEV), donde sus valores medios son de 43,4571 y 33,3143 minutos respectivamente, por lo cual se hizo necesario la utilización de un método que permitiera comparar las variables implicadas en el estudio, para definir la relevancia de dichas diferencias y de los demás grupos de variables.

Pruebas de normalidad:

Se aplicó la prueba de normalidad por medio del software SPSS 24 con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

	Kolmogorov-Smimov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TIEMPOET	0,215	7	,200*	0,911	7	0,404
TIEMPOEV	0,242	7	,200*	0,852	7	0,129
VELPROMET	0,22	7	,200*	0,878	7	0,218
VELPROMEV	0,2	7	,200*	0,947	7	0,699
VELMAXET	0,155	7	,200*	0,977	7	0,946
VELMAXEV	0,167	7	,200*	0,982	7	0,969
FCPROMET	0,214	7	,200*	0,974	7	0,925
FCPROMEV	0,297	7	0,062	0,845	7	0,111
FCMAXET	0,312	7	0,038	0,8	7	0,051
FCMAXEV	0,152	7	,200*	0,978	7	0,947
CADPROMET	0,16	7	,200*	0,938	7	0,625
CADPROMEV	0,232	7	,200*	0,942	7	0,655
CADMAXET	0,226	7	,200*	0,896	7	0,308
CADMAXEV	0,214	7	,200*	0,936	7	0,6

Tabla 5.11: Pruebas de normalidad.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

En la tabla 5.11, se presentan los resultados de la prueba de normalidad en la cual se obtuvieron valores a partir de la implementación de dos métodos: Kolmogorov - Smirnov y Shapiro – Wilk, donde se optó por elegir los resultados obtenidos en la prueba de Shapiro – Wilk debido ya que es el método que se aplica en estudios con muestras menores a 30, observando así que en la tabla cada uno de los valores está normalizado, es decir, valores por encima de la región crítica del 5%(0,05) como se observa en la casilla “Sig.” de la tabla, esto significa que se puede aplicar una prueba paramétrica, en este caso la prueba t – student.

Prueba de hipótesis:

De acuerdo a lo anterior se plantean dos hipótesis para determinar si con el valor de “p” se reconoce que existen diferencias significativas, para ello H0 y H1 son declaradas de la siguiente manera:

- **H0:** No existen diferencias significativas entre las variables medidas durante las pruebas de contrarreloj de control, entre los dos entrenamientos.
- **H1:** Si existen algunas diferencias significativas entre las variables medidas durante las pruebas de contrarreloj de control, entre los dos entrenamientos.

Una vez planteadas las dos hipótesis se procedió a realizar la prueba t – Student para muestras relacionadas, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 5.12.

Variables	P (p = 0,05)	t
TiempoET*TiempoEV	0,040	2,607
VelpromET*VelpromEV	0,005	-4,272
VelmaxET*VelmaxEV	0,016	3,336
FCpromEV*FCpromEV	0,505	0,709
FCmaxET*FCmaxEV	0,186	1,492
CadpromET*CadpromEV	0,034	-2,163
CadmaxET*CadmaxEV	0,005	-4,410

ET: entrenamiento tradicional, EV: entrenamiento virtual, Tiempo, Velprom: Velocidad promedio, FCprom: Frecuencia cardiaca promedio, Velmax: Velocidad máxima, FCmax: Frecuencia cardiaca máxima, Cadprom: Cadencia promedio, Cadmax: Cadencia máxima.

Tabla 5.12: Prueba t - Student para muestras relacionadas.

Inferencia Estadística:

Según los resultados obtenidos en las tablas 5.9 y 5.10 como en la prueba t – Student representada en la tabla 5.12, se pudo deducir que:

Existe más de una diferencia significativa dentro de la prueba t – Student llevada a cabo, por ende la hipótesis alternativa se cumple y se descarta la hipótesis nula que establecía que no había diferencias significativas.

Se verificó que las medidas de tendencia central son de gran utilidad pues permiten verificar el comportamiento de las variables de estudio y de acuerdo a esto establecer hipótesis que pueden resultar útiles para el investigador, comprobando si dichas hipótesis se cumplen o no, aplicando un buen método estadístico.

Partiendo de los datos suministrados por la tabla 5.9 se observó que la velocidad máxima VELMAXET es mayor que VELMAXEV concluyendo de que debido a que P1 realiza un entrenamiento en carretera alcanza en algunos momentos velocidades más altas que P2, esto debido a que está relacionada de acuerdo a las intensidades y a las pendientes negativas que se presentan en el terreno, dicho de otra forma, P1 alcanza velocidades máximas más altas que P2, ya que el terreno en el cual realiza la prueba presenta algunos descensos mientras que la velocidad máxima en P2 es menor, debido a que el entrenamiento que realiza es básicamente en un terreno plano debido a que las características el prototipo desarrollado solo permite simular pendientes positivas o de ascenso.

Se comprobó que tanto la frecuencia cardiaca máxima como la promedio no presentaron diferencias significativas dentro de este análisis, esto se puede observar relacionando la FCpromET Y FCpromEV descritos en la tabla 5.9 y analizando los valores promedio de estas variables, los cuales fueron 148 y 145,71 pulsaciones por minuto (bpm) respectivamente, que al restarlos dio como resultado 2,28 bpm aproximadamente, ahora bien, relacionando este resultado obtenido con el valor resultante de FCpromET*FcpromEV en la prueba t – Student de la tabla 5.12 , se concluyó que aunque las variables relacionadas presentan diferencias, estas son muy pequeñas, por ende desde el punto de vista de la prueba, esta variable no presenta diferencias significativas debido a que el valor $p = 0,505$ lo cual indica que se encuentra por encima del valor crítico de 0,05. Desde un punto de vista subjetivo se estableció que, la no significancia para esta variable se debe a que los deportistas están en un nivel competitivo, lo cual indica que llevan cierto tiempo entrenando, motivo por el cual, han aprendido a mantener los índices de algunas variables, en este caso el de la frecuencia cardiaca.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Por otro lado en las figuras 5.13 5.14, se presentan los resultados de las pruebas iniciales y finales para cada competidor:

AUTONOMIA		"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "							
FACULTAD: INGENIERIAS	PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA	INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS							
AÑO: 2018				NIVEL TECNICO:					
DEPORTE: Ciclismo.				COMPETIDOR: Jhonner Alexander Rivera					
MODALIDAD: Contrarreloj.				ENTRENADOR: Jhonatan Fernando Medina C.					
CATEGORIA: Masculino Sub 23.				INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró.					
CUANTIFICACIÓN DE CARRERA MET. TRADICIONAL									
PRUEBAS CONTRARRELOJ INICIO - FINAL									
PRUEBA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Min/Seg)	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)	VELOCIDAD MAXIMA (Km/h)	FC PROMEDIO (Bpm)	FC MAXIMA (Bpm)	CADENCIA PROMEDIO (Rpm)	CADENCIA MAXIMA (Rpm)	
INICIAL	24	39.30	23.28	75.23	148	166	78	84	
FINAL	24.02	36.03	37.9	72.7	143	181	88	103	

Tabla 5.13: Pruebas iniciales-finales competidor 1.

Observando los resultados respecto al tiempo de las pruebas iniciales del competidor 1, se puede diferenciar que disminuyó el tiempo en la ejecución de la prueba, lo que permite diferenciar que la planificación de entrenamiento que se efectuó causó una mejoría positiva en el competidor, teniendo en cuenta que el fin último de una competencia de contrarreloj individual es recorrer una distancia en el menor tiempo posible.

AUTONOMIA		"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "							
FACULTAD: INGENIERIAS	PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA	INVESTIGADORES: JHON ALEXANDER CORDOBA GIL - JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS							
AÑO: 2018				NIVEL TECNICO:					
DEPORTE: Ciclismo.				COMPETIDOR: Cristian Fernando Canacuan Quilindo.					
MODALIDAD: Contrarreloj.				ENTRENADOR: Jhonatan Fernando Medina C.					
CATEGORIA: Masculino Sub 23.				INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró.					
CUANTIFICACIÓN DE CARRERA MET. REALIDAD VIRTUAL									
PRUEBAS CONTRARRELOJ INICIO - FINAL									
PRUEBA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (Min/Seg)	VELOCIDAD PROMEDIO (Km/h)	VELOCIDAD MAXIMA (Km/h)	FC PROMEDIO (Bpm)	FC MAXIMA (Bpm)	CADENCIA PROMEDIO (Rpm)	CADENCIA MAXIMA (Rpm)	
INICIAL	24.09	42.11	28.65	37.45	148	173	76	98	
FINAL	24.14	0:39:28	36.7	46.77	153	170	82	105	

Tabla 5.14: Pruebas iniciales-finales competidor 2.

CAPÍTULO 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Detallando los resultado respecto al tiempo de las pruebas iniciales del competidor 2, se puede diferenciar que disminuyo el tiempo en la ejecución de la prueba aumentado significativamente los valores de velocidad promedio y velocidad máxima, lo que ayuda a detectar que el entrenamiento que se efectuó acompañado de la tecnología de la realidad virtual causo un cambio positivo en los resultados finales del competidor, además de que la planificación del entrenamiento implementada para este caso fue la ideal.

5.2.2. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Se construyó una encuesta de satisfacción con la finalidad de medir el nivel de adaptabilidad y complacencia del deportista respecto al prototipo funcional desarrollado, para ello se realizó un cuestionario de 14 preguntas (ver anexo F), donde el competidor califica el prototipo y presenta sus observaciones respecto al mismo las cuales serán objeto de análisis; los resultados se exponen en la tabla 5.15.

PREGUNTA	ESCALA DE SATISFACCION					SI	NO
	1	2	3	4	5		
1							X
2							
3							X
4					X		
5				X			
6			X				
7							X
8					X		
9					X		
10				X			
11			X				
12						X	
13							
14						X	

Tabla 5.15: Resultados encuesta de satisfacción.

A partir de los resultados de la encuesta se determinó que el competidor que desarrolló el entrenamiento con realidad virtual inicialmente manifiesta que antes no contaba con conocimientos acerca de realidad virtual y que le pareció muy interesante y fácil de utilizar dicha tecnología una vez que utilizó el prototipo, indica que el ambiente virtual del entorno se asemeja al entorno real en una escala de 1 – 5 en un 4 ,además establece que el prototipo es funcional con una nivel satisfacción de 5, ya que permite medir las variables durante el entrenamiento, por otro lado, indicó que se siente cómodo utilizando el prototipo, ya que cada elemento está bien ubicado, como un punto a favor el deportista estableció que el uso de la tecnología de realidad virtual tiene una repercusión favorable en cuanto a la cadencia pues a través del visor observa el valor de dicha variable, lo cual le permite regular sus capacidades físicas. Dentro de las apreciaciones el competidor se resalta que el prototipo se podría mejorar si se le implementa un rodillo automático que cambie el nivel de esfuerzo según el terreno en el que entrene, y afirma que la incidencia de la música es de gran importancia durante los entrenamientos, ya que concluye que el ruido que genera el rodillo es un poco molesto.

Capítulo 6

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

A continuación se presentan una serie de conclusiones concretas a partir de los resultados obtenidos durante este estudio:

- Se pudo establecer la significancia de algunas variables presentes en el entrenamiento, lo cual permitió determinar cuáles tienen más repercusión en la evaluación del rendimiento deportivo, según el método estadístico T student.
- En el entrenamiento con el prototipo de realidad virtual, el deportista logró mejorías respecto a la disminución del tiempo en la ejecución de la prueba.
- El entrenamiento aplicado con base en la realidad virtual permitió potencializar la velocidad de ejecución de las pruebas pues el deportista logró aumentar la velocidad promedio y alcanzó unos picos de velocidad máxima mayor.
- La estimación de las variables de frecuencia cardíaca, velocidad, distancia y cadencia fueron muy aproximadas en comparación al dispositivo comercial Sigma BC 23.26 sts.
- Se detalla que una ventaja de la utilización de tecnologías de realidad virtual en el entrenamiento del ciclismo contrarreloj es la realización de las pruebas en un ambiente controlado que permite una mayor observación del entrenador de ciclismo y aporta una disminución en los riesgos del entrenamiento en carretera.
- El grado de inmersión del deportista en el entorno de realidad virtual permite mejorar el grado de concentración durante la competencia.
- El prototipo implementado careció de una medición de variables más determinantes para el análisis de la mejoría física y de competencia del deportista.

- Es posible considerar que el entrenamiento con la tecnología de realidad sirva como complemento en el entrenamiento tradicional de los ciclistas de contrarreloj individual.

6.1. TRABAJOS FUTUROS

Es necesario realizar más procesos de investigación para incrementar el conocimiento sobre la incidencia de la realidad virtual en el entrenamiento deportivo de un ciclista contrarreloj, haciendo énfasis en otros posibles factores los cuales podrían ser:

- Implementar un prototipo de sistema de realidad virtual el cual abarque la medición de las variables e indicadores más importantes en el ciclismo contrarreloj individual.
- Aplicar una planificación de entrenamiento más robusta en cuanto a tiempo que logre capturar un mayor número de datos para un análisis más detallado.
- Implementar el entorno de realidad virtual en un aplicativo software móvil que disminuya el cableado de los dispositivos.
- Realizar el estudio con una población y una muestra más significativa abarcando deportistas de alto rendimiento.
- Mejorar la adquisición de datos mediante la búsqueda de la implementación de una tarjeta de desarrollo con mejores capacidades.
- Implementar una modalidad multiplataforma del entorno de realidad virtual que permita realizar competencias entre deportistas.
- Dedicar una búsqueda de sensores con mayor fiabilidad en la estimación de las variables e indicadores.
- Emplear test de control y evaluación durante el proceso del entrenamiento para tener mayor valides en las conclusiones que pueda arrojar el sistema.
- Mejorar el grado de inmersión del sistema de realidad virtual que permita asemejar las realidades del medio a las que el deportista está expuesto durante una competición.
- Implementar dentro del software una vista de la medición de las variables en tiempo real de la competencia en curso.

Bibliografía

- [1] (2017) Cuales son las partes de una bicicleta. [Online]. Available: <http://www.parabicyclics.com/blog/cuales-son-las-partes-de-una-bicicleta-n21?fbclid=IwAR3d9Ij8tgxQaeAxaeJ5GmY92WqOa9DZTkBmv353t0Xc-Qr8ExJxaiKJXcg>
- [2] C. Ayala, H. L. Eduardo, A. L. Moreno Muñoz *et al.*, “Diseño e implementación de un ciclo-entrenador mediante un entorno virtual,” *Universidad Militar Nueva Granada*, 2013.
- [3] A. Sgarlatta, “Sensor inalámbrico de ecg conectado vía bluetooth a aplicación de análisis automático en el teléfono móvil,” B.S. thesis, Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y . . . , 2016.
- [4] J. V. Juan Perez, “Propuesta de sistema electrónico para la estimación del gasto energético en actividad física,” 2017.
- [5] Waterfall. [Online]. Available: <https://github.com/huacyang/Unity3D/blob/master/Assets/Standard%20Assets/Particles/Water/WaterFall.prefab>
- [6] Free stone. [Online]. Available: <https://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/983943>
- [7] Proyecto de modelos 3d gratis. [Online]. Available: <https://github.com/MirageYM/3DModels>
- [8] (2017) Biker ride. [Online]. Available: <https://drive.google.com/uc?id=1KWkUYm-PH1icjw34mBph362NHTMUwOYG&export=download>
- [9] M. B. Alexandre Doucet. (2018) Infinity biker. [Online]. Available: <http://www.infinitybike.net/>
- [10] G. D. R. Acevedo, *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una mirada desde la Educación en Tecnología*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1998.
- [11] E. P. Adelina Lopez, “Papel de la ciencia tecnología e innovación en el deporte,” Master’s thesis, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, 2016.

BIBLIOGRAFÍA

- [12] J. Santana, “Juego simulador web de baloncesto,” *Universidad de Alicante*, 2016.
- [13] B. López, M. Montaner, and J. de la Rosa, “Utilización de un simulador de fútbol para enseñar inteligencia artificial a ingenieros,” *ingeniería informática*, vol. 4, no. 5, p. 6, 2001.
- [14] F. Moreno, A. Oña, M. Martínez, and F. García, “Un sistema de simulación como alternativa en el entrenamiento de habilidades deportivas abiertas,” *European Journal of Human Movement*, vol. 4, pp. 75–95, 1998.
- [15] R. G. Garza, L. U. B. Alvarez, P. I. C. Mendoza, and J. D. Romero, “Monitoreo de variables en el desempeño deportivo del ciclista,” Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomedica, La Habana, Mayo 2001.
- [16] M. Á. Valdés and J. A. Álvarez, “Influencia de la revolución científico técnica en el deporte de ciclismo,” *Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos Cuba*, 2011.
- [17] M. O. Carbajal, I. R. Zárate, and E. H. Montañez, “Introducción a la realidad virtual,” *Polibits*, no. 33, pp. 11–15, 2006.
- [18] W. Peñate Castro and M. J. Roca Sánchez, “Los nuevos desarrollos tecnológicos aplicados al tratamiento psicológico,” *Acta Colombiana de Psicología*, vol. 17, no. 2, 2014.
- [19] F. Muri, C. Carbajal, E. Pérez, H. Fernández, A. M. Echenique, and N. López, “Diseño de un sistema de rehabilitación para miembro superior en entorno de realidad virtual,” *Revista Ingeniería Biomédica*, vol. 7, no. 14, pp. 81–89, 2013.
- [20] G. Boroni, P. Vagliati, and M. Vénere, “Realidad virtual aplicada al entrenamiento,” in *IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2003.
- [21] A. v. Zuben *et al.*, “Comparação entre diferentes ciclo simuladores e ciclismo em velódromo= testes de desempenho máximo de 5 quilômetros,” *UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA*, 2010.
- [22] J. Campo, M. Prieto, J. Agustina, and D. Barrajon. (2016) Medidores de potencia en el ciclismo. [Online]. Available: <https://www.velodromstudio.com/tipos-de-medidores-de-potencia-en-el-ciclismo/>
- [23] M. Cardozo. (2016) Las 4 mejores apps para practicar ciclismo indoor. [Online]. Available: <https://www.entrenamiento.com/tecnologia/apps/mejores-apps-para-practicar-ciclismo-indoor/>

BIBLIOGRAFÍA

- [24] F. Cavas, “Validez y reproducibilidad de los potenciómetros garmin vector y powertap,” *Universidad de Murcia*, 2015.
- [25] C. A. Dussán Lugo, V. Stavro, and H. Luis, “El ciclismo colombiano en los últimos 20 años: crisis deportiva y mediática,” B.S. thesis, Facultad de Comunicación y Lenguaje, 2010.
- [26] D. Rojas. (2015) Deportes de alto rendimiento. [Online]. Available: https://prezi.com/m/wn3du1_sf2vw/deportes-de_alto_rendimiento/
- [27] (2016) Nairo quintana, mejor que froome según el ranking de la uci. [Online]. Available: http://caracol.com.co/radio/2016/07/28/deportes/1469723230_110981.html
- [28] L. Melo, H. Moreno, and H. Aguirre, “Métodos de entrenamiento de resistencia y fuerza empleados por los entrenadores para los ix juegos sudamericanos, medellín, colombia, 2010,” *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica (Suplemento Especial Olimpismo)*, vol. 15, pp. 77–85, 2012.
- [29] I. G. Juan Garcia, “Las pruebas de contrareloj en el ciclismo de ruta: Aspectos biomecánicos,” *Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Leon.*, 2010.
- [30] G. P. Andrade Tirado, “Diseño e implementación de un módulo didáctico para la medición del ritmo cardíaco mediante la técnica de pulsometría.” B.S. thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación., 2015.
- [31] I. Farriols. (2014) Medidores de potencia. optimizacion del rendimiento. [Online]. Available: <http://www.ivetfarriols.com/articulos/medidores-de-potencia-optimizacion-del-rendimiento/>
- [32] J. A. O. C. y. M. n. B. G. Guillermo Vera Ocete, “La realidad virtual y sus posibilidades didacticas,” *REVISTA ETICA NET*, 2013.
- [33] A. O. Franco, J. F. González *et al.*, “Realidad virtual: Un medio de comunicación de contenidos. aplicación como herramienta educativa y factores de diseño e implantación en museos y espacios públicos,” *Revista ICONO14 Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, vol. 9, no. 2, pp. 185–211, 2011.
- [34] A. Pancorbo, “Medicina y ciencias del deporte y actividad física,” *Madrid: Ergon*, p. 672, 2008. [Online]. Available: <http://www.feboxeo.com/documentos/libro-pancorbo.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

- [35] J. A. Hawley and N. K. Stepto, “Adaptaciones al entrenamiento en el ciclismo de ruta–implicancias para el rendimiento,” *PubliCE Premium*, 2008.
- [36] M. d. C. RAMOS NAVA, J. Larios Delgado, D. Cervantes Cabrera, and R. Leriche Vázquez, “Creación de ambientes virtuales inmersos con software libre,” *Revista Digital Universitaria [en línea]*, vol. 10, no. 6, 06 2017.
- [37] R. Baños Rivera, C. Botella Arbona, C. Perpiñá, and S. Quero Castellano, “Tratamiento mediante realidad virtual para la fobia a volar: un estudio de caso,” *Clínica y Salud*, vol. 12, no. 3, 2001.
- [38] L. Y. C. Moreno, A. Bautista, L. C. Fonseca, and J. Ribeiro, “Influencia de la práctica del juego de tenis en realidad virtual sobre los patrones manipulativos en niños de 7 años,” *Revista Movimiento Científico*, vol. 7, no. 1, pp. 85–92, 2013.
- [39] C. Yin, Y.-H. Hsueh, C.-Y. Yeh, H.-C. Lo, and Y.-T. Lan, “A virtual reality-cycling training system for lower limb balance improvement,” *BioMed research international*, vol. 2016, 2016.
- [40] A. M. Erro, M. d. M. E. Escudero, and M. D. Somonte, “Aplicaciones industriales de entornos de realidad virtual y de realidad aumentada,” *Revista DYNA*, vol. 89, no. 4, pp. 382–386, 2014.
- [41] D. Zapatero Guillén, “La realidad virtual como recurso y herramienta útil para la docencia y la investigación,” *TE & ET*, 2011.
- [42] J. E. Ortiz Triviño and R. Cipagauta, “Un museo virtual de arte,” *Ingeniería e Investigación*, vol. 26, no. 3, 2006.
- [43] A. Covaci, C.-C. Postelnicu, A. N. Panfir, and D. Talaba, “A virtual reality simulator for basketball free-throw skills development,” in *Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems*. Springer, 2012, pp. 105–112.
- [44] G. de Leeuw and J. de Kruijf, “The act of (future) cycling: testing urban designs and conducting research in virtual reality,” in *European Transport Conference; Association for European Transport: Frankfurt, Germany*, 2015, pp. 1–15.
- [45] F. A. Richard Kulpa, Franck Multon, “Virtual reality and sport.”
- [46] S. Li and J. Sun, “Application of virtual reality technology in the field of sport,” in *2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science*, vol. 2. IEEE, 2009, pp. 455–458.
- [47] N. Sugita, Y. Kojima, M. Yoshizawa, A. Tanaka, M. Abe, N. Homma, K. Seki, and N. Handa, “Development of a virtual reality system to evaluate skills nee-

BIBLIOGRAFÍA

- ded to drive a cycling wheel-chair,” in *2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. IEEE, 2012, pp. 6019–6022.
- [48] M. González, “Biomecánica y rendimiento del pedaleo sobre una bicicleta.” Master’s thesis, 2016.
- [49] M. Vinuesa Lope and I. Vinuesa Jimenez, *Conceptos y métodos para el entrenamiento físico*, 2016.
- [50] J. R. Pedro Flores, Jose Valdivia, *El Entrenamiento del Ciclista de Ruta Amateur*, 2015.
- [51] J. R. P. Alvarado, *Planificación del Entrenamiento Deportivo: Un enfoque metodológico de la estructura clásica*. Fideas G. Arias Odón, 2017.
- [52] M. A. Ríos Zorrilla, “Análisis, desarrollo y evaluación de un plan de entrenamiento sobre bicicletas estáticas esbe,” Ph.D. dissertation, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, 2013.
- [53] J. N. Mejía Luna, “Realidad virtual, estado del arte y análisis crítico.” Master’s thesis, Universidad de Granada/2012, 2012.
- [54] A. de Antonio Jiménez, M. V. Abarca, and E. L. Ramírez, “Cuándo y cómo usar la realidad virtual en la enseñanza,” *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, no. 16, p. 4, 2000.
- [55] M. Castilla, “Seguimiento virtual en tiempo real de maniobras de estabilización de un simulador de vuelo satelital,” 2012.
- [56] F. J. P. Martínez, “Presente y futuro de la tecnología de la realidad virtual,” *Creatividad y sociedad*, no. 16, 2011.
- [57] R. Lawton, “La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance.[documento en línea] disponible: <http://>,” 2001.
- [58] M. Carvajal and L. Marmolejo, “Presente y futuro de la realidad virtual,” *Publicaciones Icesi*, no. 56, 2010.
- [59] L. R. González, “Visión global sobre tecnología háptica,” *Manual formativo de ACTA*, no. 61, pp. 115–122, 2011.
- [60] J. A. F. Cruz, P. C. Gallardo, and E. A. Villarreal, “La realidad virtual una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería,” *Apertura*, vol. 6, no. 2, pp. 86–99, 2014.

BIBLIOGRAFÍA

- [61] C. M. Yee, M. J. Abásolo, R. M. Sansó, and M. Vénere, “Realidad virtual y realidad aumentada. interfaces avanzadas,” *National University of La Plata, La Plata*, 2011.
- [62] J. P. Alejandro Blázquez, Carlos Casado, “Producción de un videojuego en realidad virtual con seguimiento de movimiento en visor y controladores manuales utilizando metodología ágil,” 2017.
- [63] P. A. Romero Santillán, “Guía metodológica de modelado y animación 3d para mundos virtuales interactivos,” B.S. thesis, 2014.
- [64] G. Cobo Fernández *et al.*, “Desarrollo de una aplicación móvil de realidad virtual para el aprendizaje en las aulas,” 2017.
- [65] (2017) Una experiencia 360. [Online]. Available: <https://www.samsung.com/co/offer/coldplay-360/>
- [66] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche, and J. Olabe, “Realidad aumentada en la educación: una tecnología emergente,” *Recuperado de http://www.anobium.es/docs/gc_fichas/doc/6CFJNSalrt.pdf (14/05/2016)*, 2007.
- [67] C. B. Arbona, A. García-Palacios, and R. M. Baños, “Realidad virtual y tratamientos psicológicos,” *Cuadernos de medicina psicosomática y psiquiatría de enlace*, vol. 82, pp. 17–31, 2007.
- [68] E. S. García-García, A. I. Rosa-Alcázar, and P. J. Olivares-Olivares, “Terapia de exposición mediante realidad virtual e internet en el trastorno de ansiedad/fobia social: Una revisión cualitativa,” *Terapia psicológica*, vol. 29, no. 2, pp. 233–243, 2011.
- [69] S. A. Luengas, M. A. Bolaño, V. B. Arcos, A. S. Goenaga, and C. V. Caballero-Uribe, “Aplicación de nuevas tecnologías de la información en la enseñanza de la medicina,” *Salud uninorte*, vol. 25, no. 1, pp. 150–171, 2009.
- [70] M. Lazo, C. G. Bauza, J. D’Amato, G. Boroni, and O. Grasso, “Sistema de simulación y entrenamiento: visualización de un entorno virtual de navegación.”
- [71] A partir de la realidad virtual, la fuerza aérea colombiana y la empresa dream house studios desarrollo un equipo de entrenamiento en tierra para el manejo de sistemas flir. [Online]. Available: https://www.fac.mil.co/sites/default/files/caso_exito_flir.pdf
- [72] E. E. Tarifa, “Teoría de modelos y simulación,” *Facultad de Ingeniería, Universidad de Jujuy*, 2001.

BIBLIOGRAFÍA

- [73] A. C. Limache, R. Fredini, P. Sebastián, and M. H. Murillo, “Diseño de un moderno simulador de vuelo en tiempo real,” 2010.
- [74] F. M. Campón Lora, “Diseño e implementación del sistema de elevación vertical de un simulador de vuelo,” B.S. thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 2011.
- [75] J. Ortega and M. Sigut, “Prototipo de una plataforma móvil de bajo coste para simulación de vuelo de alto realismo,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 13, no. 3, pp. 293–303, 2016.
- [76] J. M. Pardillo Mayora and R. Jurado Piña, “Aplicación de simuladores en la formación de los conductores,” 2008.
- [77] B. G. E. Said, G. S. Cervantes, and P. F. Edgar, “Simulador 3d para el sistema de transporte colectivo metro.”
- [78] E. A. Albán Bajaña *et al.*, “Simulador de viaje en motocicleta,” B.S. thesis, Quito: USFQ, 2016, 2016.
- [79] G. Boroni and M. Vénere, “Un simulador distribuido para entrenamiento de operarios,” in *VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2002.
- [80] A. Merino, S. Pelayo, A. Rueda, R. Alves, A. García, F. Acebes, C. De Prada, G. Gutiérrez, and M. García, “Un simulador de alcance total para la formación de los operarios de sala de control de factorías azucareras,” *XXIV Jornadas de Automática*, 2003.
- [81] A. M. Rivas, A. C. Vilanova, F. S. Pereferrer, M. H. González, and D. del Castillo Déjardin, “Simulador de bajo coste para el entrenamiento de habilidades laparoscópicas básicas,” *Cirugía Española*, vol. 87, no. 1, pp. 26–32, 2010.
- [82] C. Monserrat, O. López, U. Meier, M. Juan, V. Grau, J. Gil, J. Lozano, and M. Alcañiz, “Gertiss: Simulador quirúrgico virtual para el entrenamiento en cirugías mínimamente invasivas,” in *IX Congreso Nacional de Informática Médica. Informed*, 2002, pp. 87–91.
- [83] J. R. Pinsach, “Simuladores para el aprendizaje y entrenamiento en vela,” *Apunts. Educación física y deportes*, vol. 3, no. 85, pp. 56–67, 2006.
- [84] J. Zarco Torres, “Aplicación de un visor de realidad virtual a juegos serios para rehabilitación,” 2016.
- [85] R. C. Cuberos, F. Z. Ortega, M. A. C. Gil, T. E. Garcés, A. M. Martínez, and M. L. Manrique, “Estudio sobre la aplicabilidad de exergames para la

BIBLIOGRAFÍA

- mejora de los índices de obesidad y la imagen corporal en escolares,” *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, vol. 11, no. 1, pp. 97–105, 2016.
- [86] K. Santamaría Guzmán, A. Salicetti Fonseca, and J. Moncada Jiménez, “Efecto agudo de una práctica «exergame» en el rendimiento del lanzamiento en baloncesto,” *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, no. 29, 2016.
- [87] M. López and N. Estefanía, “Librería de integración sensorial para creación de interfaces y registros de señales biométricas,” 2016.
- [88] K. G. Santamaría, A. S. Fonseca, J. M. Jiménez, and L. C. S. Mora, “Mejora del equilibrio, atención y concentración después de un programa de entrenamiento exergame en la persona adulta mayor (balance, attention and concentration improvements following an exergame training program in elderly),” *Retos*, no. 33, pp. 102–105.
- [89] (2013) Wii fit u. [Online]. Available: <https://www.3djuegos.com/13999/wii-fit-u/>
- [90] J. Bella. (2010) Análisis de your shape: Fitness evolved. [Online]. Available: <https://www.3djuegos.com/juegos/analisis/9001/0/your-shape-fitness-evolved/>
- [91] P. Gonzales. (2015) Ea sports active es .ejercicio real", según un estudio. [Online]. Available: https://as.com/meristation/2010/06/03/noticias/1275546600_084955.html
- [92] P. Grube Krebs *et al.*, “Simulación y control de un sistema de trenes metropolitanos,” 2009.
- [93] J. L. del Hierro Alcántara, “Simulador de combate naval,” *Cuadernos de estrategia*, no. 57, pp. 37–45, 1992.
- [94] F. Alonso, E. Sáiz, and D. Pollock, “El impacto del uso del simulador de conducción en psicología del tráfico y la seguridad vial (1989-2000),” *Iberpsicología: Revista Electrónica de la Federación española de Asociaciones de Psicología*, vol. 7, no. 1, p. 2, 2002.
- [95] V. Padilla and J. Dávila, “Simulación multi-agente para gestión de desastres y reducción de riesgo,” *Ciencia e Ingeniería*, vol. 32, no. 2, pp. 21–30, 2011.
- [96] C. Vaca, “Paradigmas de programación,” 2013.

BIBLIOGRAFÍA

- [97] O. Campos. (2011) Diferencias entre paradigmas de programación. [Online]. Available: <https://www.genbeta.com/desarrollo/diferencias-entre-paradigmas-de-programacion>
- [98] O. I. T. Buriticá, “Propuesta metodológica para desarrollar un programa con programación estructurada a partir del paradigma funcional,” *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 23, no. 2, p. 8, 2013.
- [99] B. E. Mazón Olivo, C. Calva, J. Joffre, C. Chipantiza, L. Víctor, and W. B. Rivas Asanza, “Fundamentos de programación orientada a objetos en java.” 2015.
- [100] C. R. del Río, “Docencia de la programación orientada a eventos.”
- [101] D. E. Ortiz, “Sistemas de cómputo paralelo,” 2010.
- [102] A. Ricci, “Programmazione avanzata e paradigmi,” *Ingegneria e Scienze Informatiche - UNIBO*, 2013.
- [103] A. Silberschatz, G. GAGNE, and P. B. GALVIN, *Fundamentos de sistemas operativos*. McGraw-Hill, 2006.
- [104] M. G. L. Brito, *Fundamentos de Sistemas Operativos.*, 2017.
- [105] K. Zapata, “Guía de lectura: Hilos de ejecución o thread,” Universidad Gerardo Barrios, Facultad de Ciencia y Tecnología, Tech. Rep., 2017. [Online]. Available: https://issuu.com/alexandermartinez1/docs/05._comunicacion_y_sincronizacion
- [106] Multitarea e hilos en java con ejemplos (thread & runnable). [Online]. Available: <https://jarroba.com/multitarea-e-hilos-en-java-con-ejemplos-thread-runnable/>
- [107] F. R. Cortés and J. C. Monjaraz, *Arduino: aplicaciones en robótica, mecatrónica e ingenierías*. Alfaomega, 2015.
- [108] P. Guevara López, J. S. Valdez Martínez, and G. Delgado Reyes, “Planificadores de tareas en tiempo real concurrentes: Una clasificación basada en funciones y teoría de conjuntos,” *Computación y Sistemas*, vol. 18, no. 4, pp. 809–820, 2014.
- [109] J. P. Porto. (2018) Definición de kernel. [Online]. Available: <https://definicion.de/kernel/>
- [110] A. G. Julian Pérez Porto. (2011) Definición de latencia. [Online]. Available: <https://definicion.de/latencia/>

BIBLIOGRAFÍA

- [111] R. Saenz, *La Bicicleta y sus Origenes en Europa*, 2014. [Online]. Available: <http://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2016/06/La-Bicicleta-y-sus-Ori--genes-en-Europa.pdf>
- [112] A. Botello Téllez, R. Caltzonci, D. Ivan, and E. Vargas Espinosa, “Sistema háptico de entrenamiento para ciclismo (shec).”
- [113] Partes de una bicicleta. [Online]. Available: <http://www.shop-bicycle.com/Partes-Bicicleta-Componentes.aspx>
- [114] I. N. D. APRENDIZAJE. Ajuste y mantenimiento de bicicletas. [Online]. Available: [http://www.ina.ac.cr/documentos/turismo_aventura/montana/ciclismo_montana/AJUSTE%20Y%20MANTENIMIENTO%20DE%20BICICLETAS%20\(TUAV%20350\).pdf](http://www.ina.ac.cr/documentos/turismo_aventura/montana/ciclismo_montana/AJUSTE%20Y%20MANTENIMIENTO%20DE%20BICICLETAS%20(TUAV%20350).pdf)
- [115] Tipos de ciclismo. [Online]. Available: <https://guiafitness.com/tipos-de-ciclismo.html>
- [116] Tipos de ciclismo. [Online]. Available: <http://ciclismodeportivo1.blogspot.com/2010/04/tipos-de-ciclismo.html>
- [117] El ciclismo y sus diferentes modalidades. [Online]. Available: <https://ibai91.wordpress.com/about/>
- [118] Manual para el entrenador de ciclismo. [Online]. Available: <http://pinchazo.bizhat.com/pdf/entrenamiento/nivel1/capitulo1.pdf>
- [119] Historia: Tipos de ciclismo. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/dporteydeportes/historia-9>
- [120] (2008) Ciclismo de ruta. [Online]. Available: <http://conadeb.conade.gob.mx/Documentos/Publicaciones/Ciclismo%20Ruta.pdf>
- [121] (2017) Guia básica para entender el ciclismo de ruta. [Online]. Available: <https://www.senalcolombia.tv/deportes/guia-basica-para-entender-el-ciclismo-de-ruta>
- [122] I. G. Juan Garcia, “Las pruebas de contrarreloj en el ciclismo de ruta: Aspectos biomecánicos.” [Online]. Available: http://aulapedagogikoa.eus/archivos/descargas/eus_Articulo5-Pruebas-Contrarreloj_2014_04_22_12_56_22.pdf
- [123] (2017) Ciclismo de ruta: Coleccion 4. [Online]. Available: <http://conadeb.conade.gob.mx/Documentos/Publicaciones/Ciclismo%20Ruta.pdf>
- [124] E. A. Rodríguez Manchola, J. E. Correa Bautista, C. López, D. Ermith, A. Avendaño Valencia, M. E. Henao Vásquez *et al.*, “Ciclismo saludable bajo

- techo (health indoor cycling),” *Borradores de Investigación: Serie documentos Rehabilitación y Desarrollo Humano*, ISSN 1794-1318, No. 12 (Julio de 2007), 2007.
- [125] C. Barbado Villalba *et al.*, “Cuantificación de la intensidad del entrenamiento en el ciclismo indoor,” Ph.D. dissertation, [Sl]:[sn], 2013, 2013.
- [126] D. Carrasco, D. Carrasco, and D. Carrasco, “Teoría y práctica del entrenamiento deportivo,” *Universidad Politécnica de Madrid-España*, 2014.
- [127] F. E. Cragulini, “Control de la carga de entrenamiento en el ciclismo,” in *X Congreso Argentino y V Latinoamericano de Educación Física y Ciencias (La Plata, 2013)*, 2013.
- [128] Y. A. Gordillo, “La periodización del entrenamiento en ciclismo: diferentes alternativas,” *Sport Training Magazine*, no. 44, pp. 28–33, 2012.
- [129] I. J. Manuel Lopez, *Conceptos y Métodos para el entrenamiento físico*, 2016. [Online]. Available: https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/c/o/conceptos-y-m_todos-para-el-entrenamiento-f_sico.pdf
- [130] I. Mujika *et al.*, “Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición,” 2006.
- [131] O. Cano, “Modelos de planificación y su aplicabilidad en la preparación de equipos de fútbol profesional que participan en el torneo colombiano categoría primera a,” Ph.D. dissertation, *Disertación Licenciatura. IUEF Universidad de Antioquia (Colombia)*, 2010.
- [132] J. M. García Manso, M. Navarro, and J. Ruiz, “Planificación del entrenamiento deportivo,” *Madrid: Gymnos*, 1996.
- [133] F. Navarro, “Modelos de planificación según el deportista y el deporte,” *Lecturas de Educación Física y del Deporte*, vol. 9, no. 67, 2003.
- [134] A. Idarraga, “Desarrollo de la resistencia aerobica en los ciclistas de ruta de la universidad de antioquia,” 2007.
- [135] J. R. Cañizares, “Bateria de pruebas para evaluar la efectividad en tiros al aro desde media y larga distancia en situaciones semejantes al uego en el baloncesto,” Ph.D. dissertation, 2009.
- [136] J. R. Juan Garcia, Manuel Navarro, *Bases teóricas del entrenamiento deportivo: (principios y aplicaciones)*, Gymnos, Ed., 1996.

- [137] J. S. Cortés Mollá, “Estudio de las variables biomecánicas implicadas en el pedaleo en ciclismo y sus interrelaciones. influencia de la experiencia y el nivel de rendimiento.” 2016.
- [138] R. V. Magda Mesa, “Contribución de la estadística matemática a la preparación deportiva sostenible,” *EFDeportes.com, Revista Digital*, 02 2011. [Online]. Available: <https://www.efdeportes.com/efd153/estadistica-matematica-preparacion-deportiva-sostenible.htm>
- [139] E. Artés, “Estadística aplicada al deporte,” 2006. [Online]. Available: <http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/documentacion/23160.pdf>
- [140] Datasheet ad8232. [Online]. Available: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8232.pdf>
- [141] Monitor de ritmo cardiaco ad8232. [Online]. Available: <http://tdrobotica.co/monitor-de-ritmo-cardiaco-ad8232/358.html>
- [142] [Online]. Available: <http://www.electronicapty.com/modulo-sensor-de-efecto-hall-m44-para-arduino-detail?tmpl=component&format=pdf>
- [143] Arduino mega 2560. [Online]. Available: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- [144] [Online]. Available: <https://www.sigmasport.com/es/produkte/fahrrad-computer/wireless/wireless/bc2316sts>
- [145] F. G. C. Julián, V. M. J. Ramos, and A. R. S. Torres, “Prototipo de electrocardiógrafo portátil.” *Pistas Educativas*, vol. 39, no. 127, 2018.
- [146] Easyroads3d free v3. [Online]. Available: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/easyroads3d-free-v3-987>
- [147] Google vr sdk para unity. [Online]. Available: <https://github.com/googlevr/gvr-unity-sdk>
- [148] [Online]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/null-and-alternative-hypotheses/>
- [149] M. Molina Arias, “¿ qué significa realmente el valor de p?” *Pediatría Atención Primaria*, vol. 19, no. 76, pp. 377–381, 2017.

ANEXO A - MODELOS PIEZAS 3D

Diseños finales de las piezas 3D realizados a partir del software 3D Builder versión 16.0.2611.0:

PIEZA 1: BASE POTENCIÓMETRO

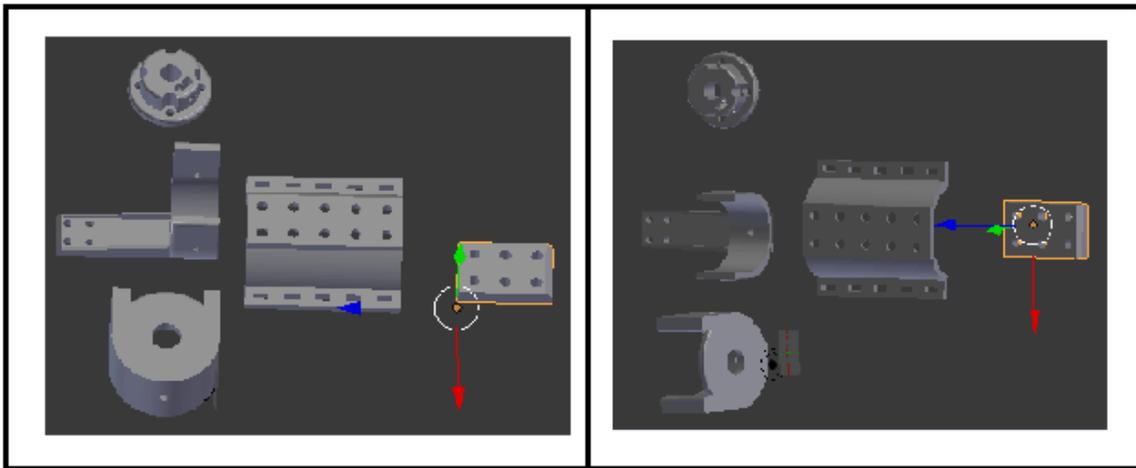


Figura 6.1: Pieza 1: Base potenciómetro.

PIEZA 2: BASE SENSOR EFECTO HALL 1 (VELOCIDAD)

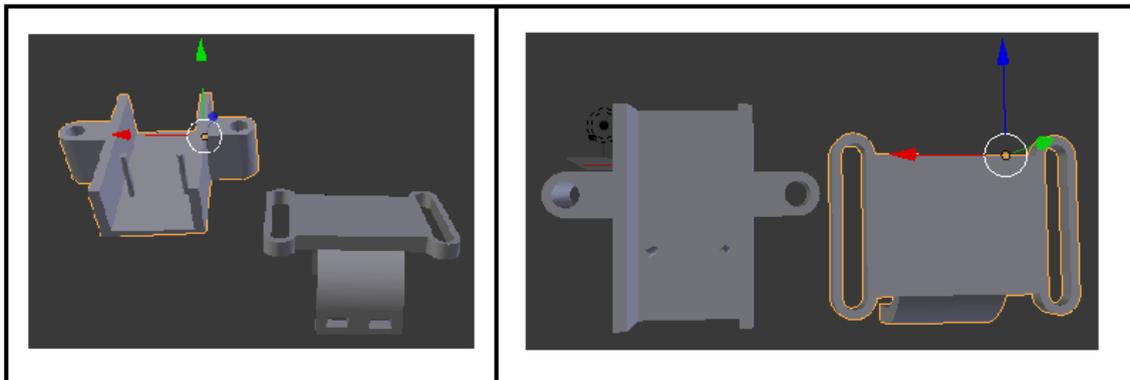


Figura 6.2: Pieza 2: Base sensor efecto hall velocidad.

PIEZA 3: BASE SENSOR EFECTO HALL 2 (CADENCIA)

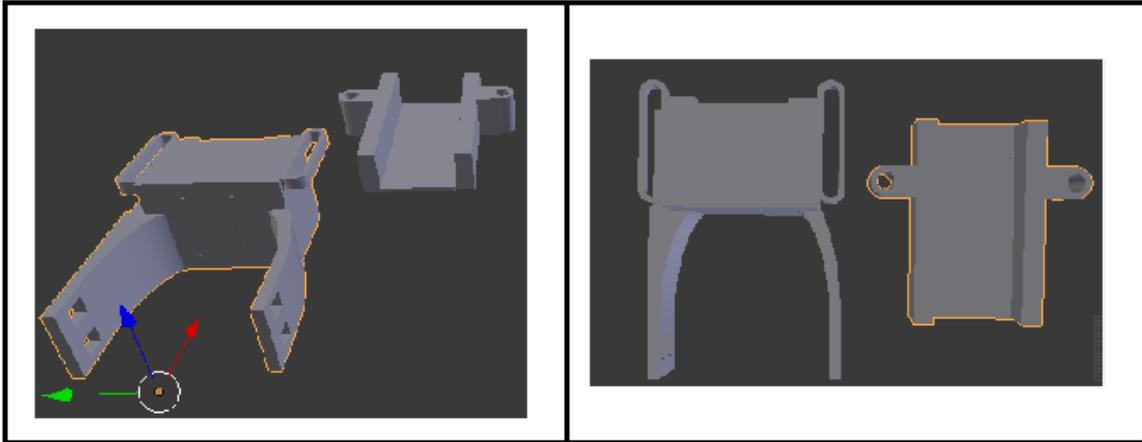


Figura 6.3: Pieza 3: Base sensor efecto hall cadencia.

ANEXO B - CONFIGURACIONES PRELIMINARES UNITY

Para iniciar a abordar un proyecto de estas características se deben cumplir con las siguientes configuraciones:

CONFIGURACIONES .NET FRAMEWORK 4.6 EQUIVALENT

Debido que el proyecto se realizó con Visual Studio 2017 y no con Monodevelop, primero se debe cambiar a la versión .Net framework 4.6 Equivalent, ahora bien, se encontró que la versión .NET 4.6 era compatible con Visual Studio 2017, ya que permitía la utilización de las diferentes librerías que están contenidas en C, una de ellas es la librería Serial.Port, la cual permite establecer la comunicación entre Unity y Arduino.

Por lo expresado anteriormente, a continuación se presenta la configuración completa para activar el frameor .NET 4.6:

- Como primera instancia se accede a: edit, Project settings, Player como se muestra en la figura (6.4).

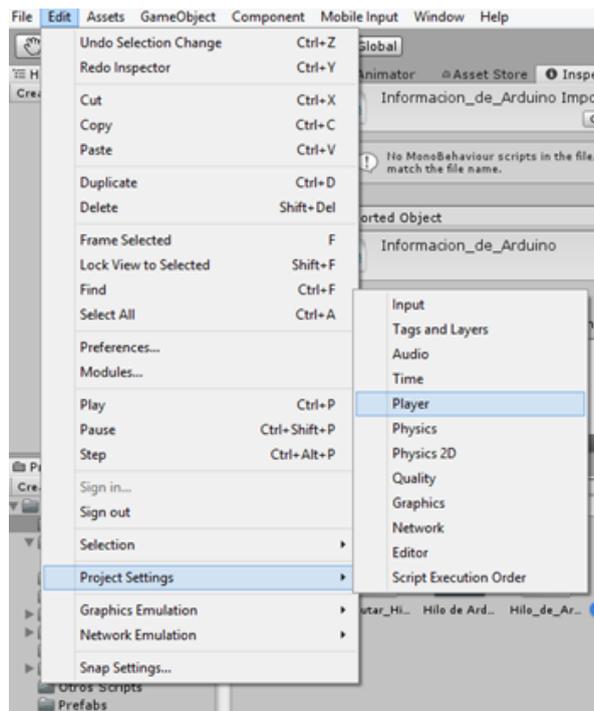


Figura 6.4: Acceso a Player Settings.

- Una vez se accede a Player Settings, el siguiente paso es cambiar la configuración de la versión por defecto: Stable .NET 3.5 Equivalent por Experimental .NET 4.6 Equivalent (ver figura 6.5).

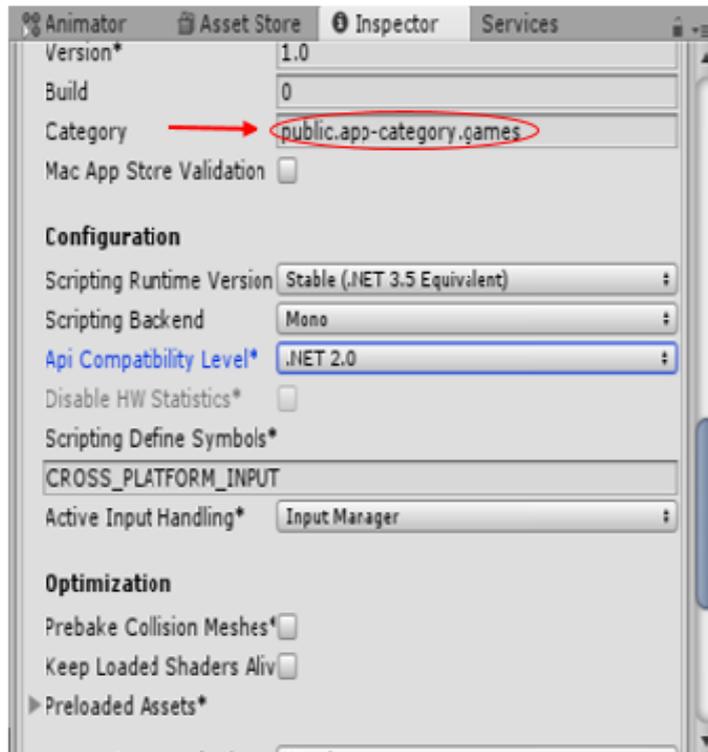


Figura 6.5: Cambio de configuración.

- Después de configurar lo anterior, se despliega una ventana la cual solicita restaurar la versión, a lo cual optamos por presionar la opción Restart.

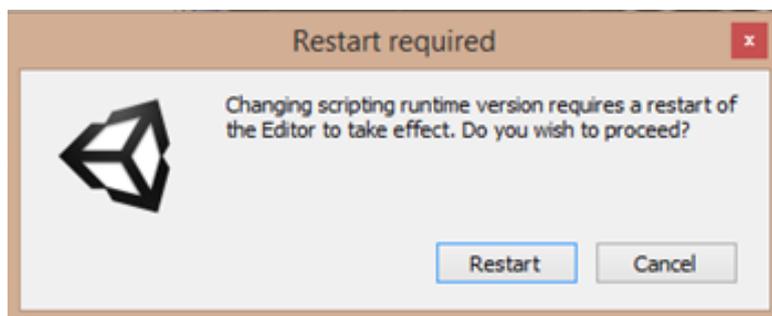


Figura 6.6: Ventana para restaurar versión.

- Finalmente en el Inspector aparecerá en las opciones de configuración en Scripting Runtime Version, Experimental (.NET 4.6 Equivalent), además de la casilla Api Compatibility Level, .NET 4.6.

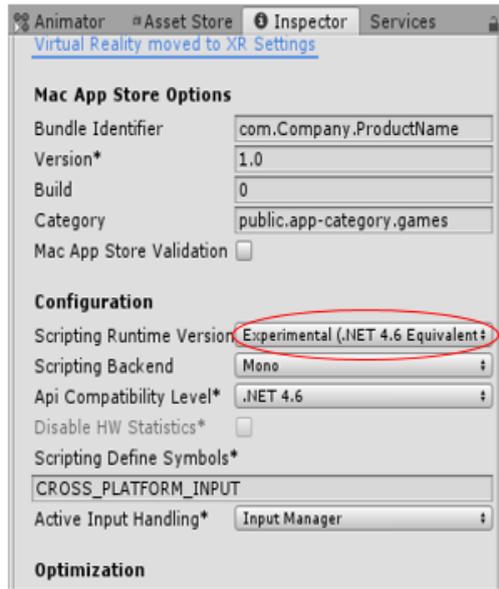


Figura 6.7: Pestaña inspector.

Nota: En versiones anteriores de Visual Studio, se mantiene la versión Stable (.NET 3.5 Equivalent) o menor, pero se debe seleccionar y cambiar la casilla de Api Compatibility Level, de la versión .NET 2.0 Subset a la versión .NET 2.0 para que funcione correctamente.

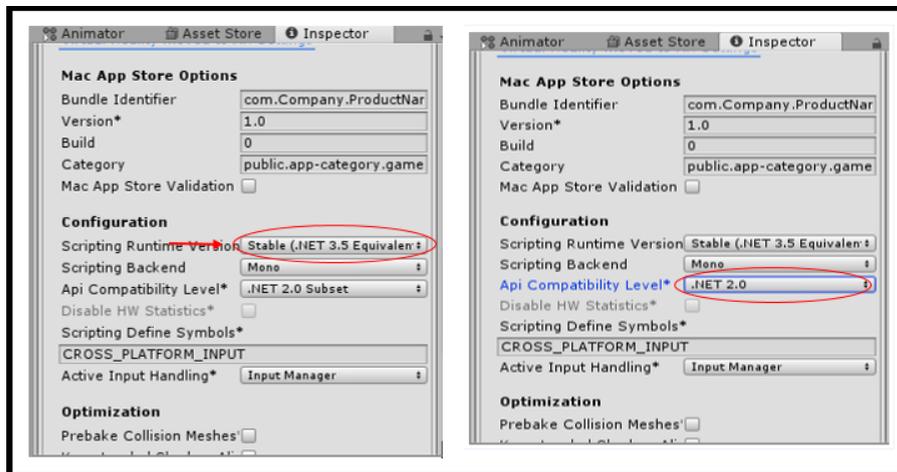


Figura 6.8: Pestaña Inspector, cambio de versión

CONFIGURACIÓN DEL SDK Y JDK:

La utilización de un dispositivo móvil con sistema operativo Android requirió el uso del SDK para Android, seguido del JDK para Java, por lo que se llevó cabo la configuración de estas herramientas:

- Como primera medida, se procedió a buscar y descargar Android Studio, que es un entorno de desarrollo de las aplicaciones y además contiene distritos SDK que tiene variedad de versiones compatibles para Android.

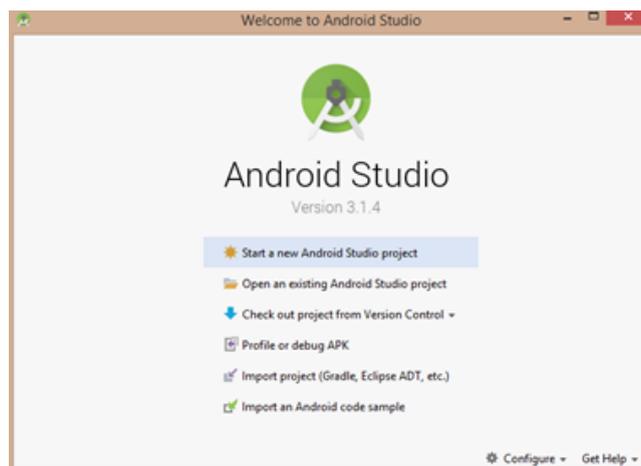


Figura 6.9: Android Studio.

- Posteriormente se accede a la pestaña Configure, SDK Manager; donde se buscó el SDK compatible con el dispositivo móvil, en este caso la versión Oreo 8.1, la cual se procedió a instalar (ver figura 6.10)

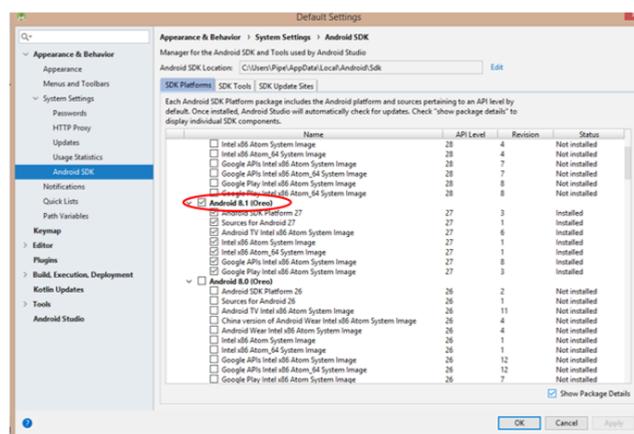


Figura 6.10: Pestaña SDK Manager.

- Del mismo modo como se realizó la configuración anterior, se procedió a la descarga e instalación del JDK para Java (ver figura 6.11)

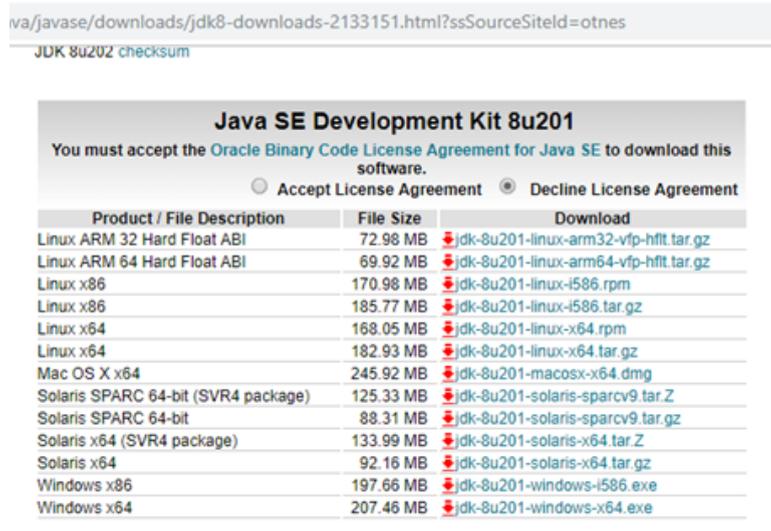


Figura 6.11: Descarga e instalación del JDK de Java.

- Una vez descargado el SDK y el JDK se debe de proceder a abrir en Unity, seleccionando la pestaña Edit, Preferences (ver figura 6.12).

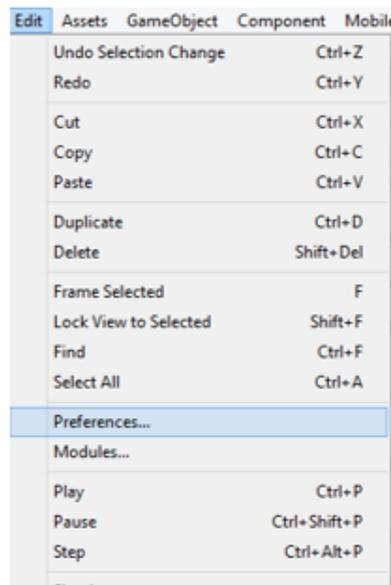


Figura 6.12: Pestaña Edit Preferences.

- Realizando lo anterior, se despliega una ventana con el nombre Unity Preferences, donde se selecciona la opción External Tools. Ahora en la sección de Android, aparecen tres campos para completar, se selecciona la opción Browse en SDK y se procede a buscar el SDK en el ordenador para su posterior selección (ver figuras 6.13, 6.14); el mismo procedimiento anterior se realiza para el JDK.

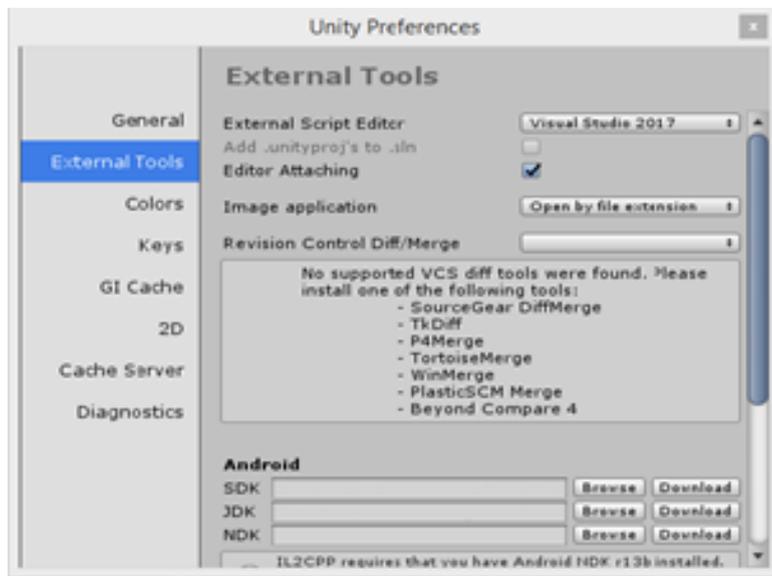


Figura 6.13: Pestaña Unity Preferences.

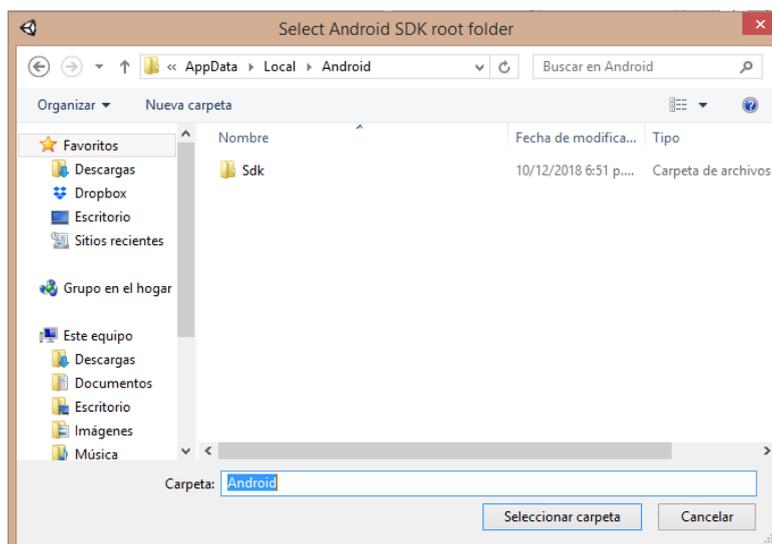


Figura 6.14: Pestaña Unity Preferences.

- Finalmente, verificando que las dos herramientas están correctamente instaladas , el proyecto queda listo para la comunicación entre el móvil y el ordenador (ver figura 6.15).

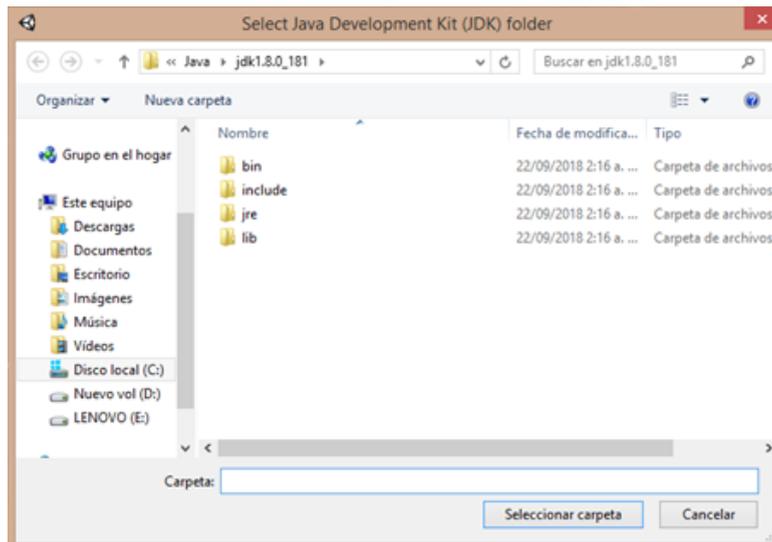


Figura 6.15: Verificación de herramientas instaladas.

- Una vez instaladas estas dos herramientas, el proyecto queda configurado para poder realizar la comunicación entre el móvil y el computador.

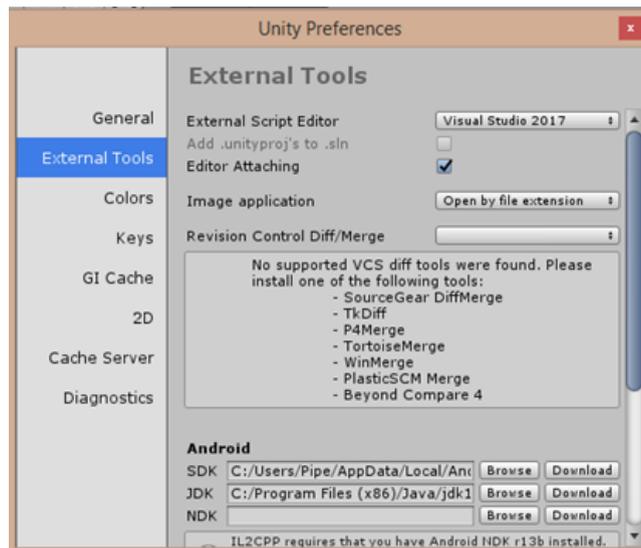


Figura 6.16: Verificación puesta a punto comunicación móvil - computador.

CONFIGURACIONES PARA ANDROID

Para la visualización de la escena de realidad virtual, se utilizó el dispositivo móvil Motorola g5, motivo por el cual se realizó las configuraciones preliminares para que Unity se pudiera enlazar con el mismo, para ello se deben de seguir los siguientes pasos:

- Para la visualización del entorno gráfico se hizo uso de la aplicación Instant crush, que contiene el controlador Google Cardboard DayDream el cual permite la visualización en pantalla dividida de escenas o escenarios que simulan un entorno de realidad virtual; algunos móviles Android traen por defecto instalados, para ello se activa la opción que permite el desarrollo de aplicaciones Android en Unity, seleccionando la pestaña File, Build Settings.

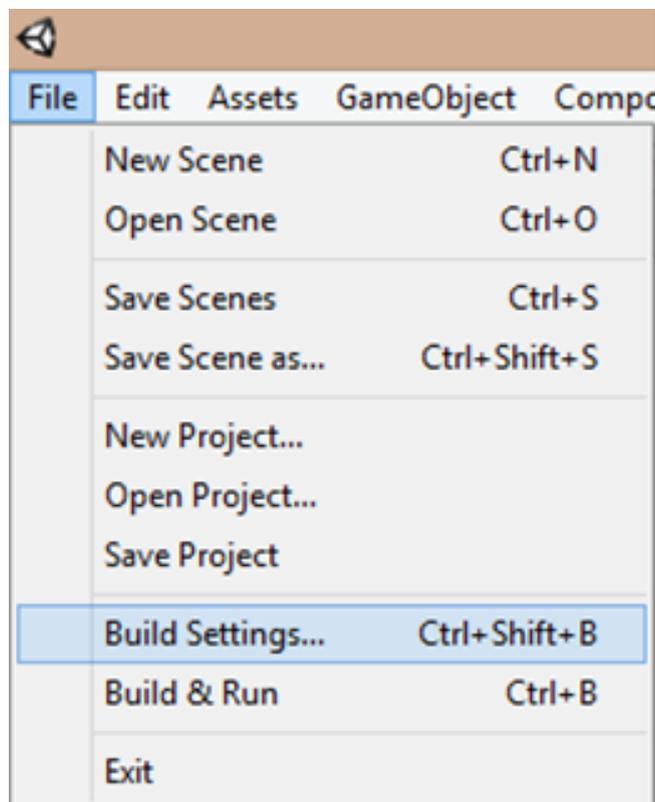


Figura 6.17: Pestaña Build Settings.

- Una vez abierta la ventana Build Settings, se escogió la opción de Android donde se seleccionó Switch Platform, que es la opción que se utiliza para activar las características que contienen las diferentes plataformas (ver figuras 6.18, 6.19).

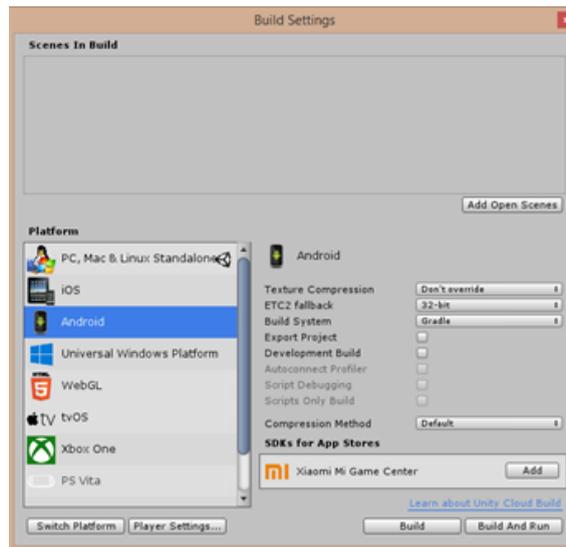


Figura 6.18: Selección de Switch Plataforma.

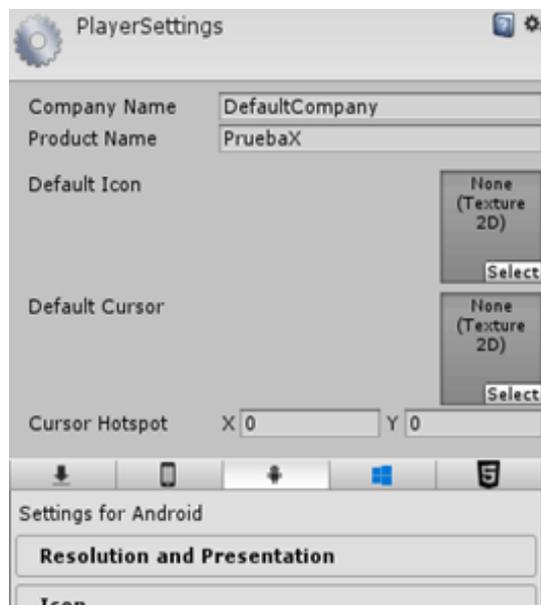


Figura 6.19: Selección de Switch Plataforma.

- Después, se selecciona la opción Player Settings y en el icono de Android: Identification Minimum API Level se optó que fuera compatible desde la versión 4.1 de Android

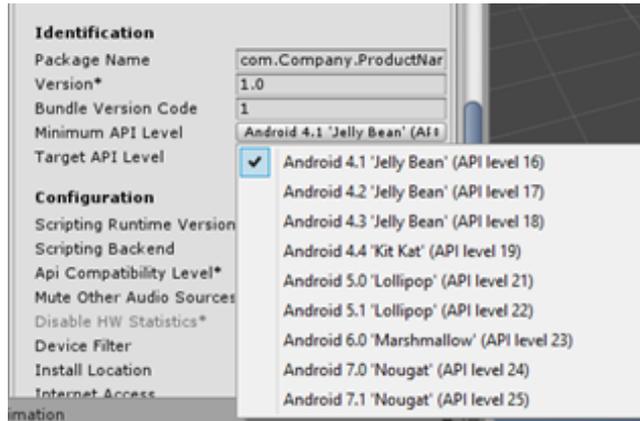


Figura 6.20: Selección compatibilidad Android a partir de versión 4.1.

- Ahora, en la casilla de Target API Level se le asignó el parámetro Automatic (highest installed), con la finalidad de enlazar el celular con Unity independientemente si la versión contenida en el dispositivo Android, excede la versión más alta que utiliza Unity, que en este caso es la Android 7.1 Nougat (API level 25) (ver figura 6.21).



Figura 6.21: Enlazar el móvil con Unity.

- Por otro lado para que detectará el dispositivo móvil en Unity, se realizó la siguiente configuración:

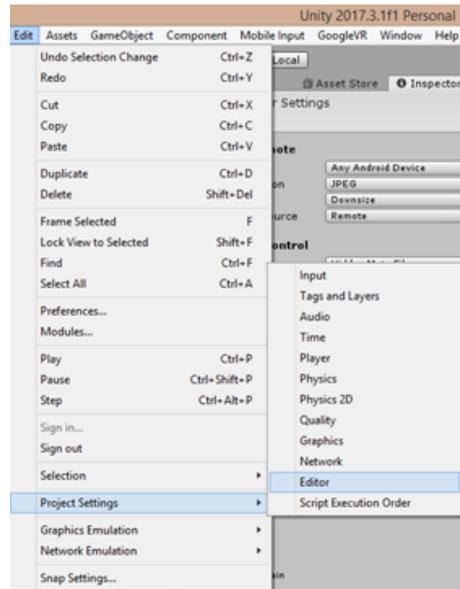


Figura 6.22: Configuración detección del dispositivo móvil en Unity.

- Posteriormente en el editor opciones de Unity Remote Device, se debe de cambiar la opción de None a Any Android Device , como se muestra en las siguientes figuras (6.23, 6.24):



Figura 6.23: Pestaña editor Unity Remote.



Figura 6.24: Selección opción Any Android Device.

CONFIGURACIÓN GOOGLE VR

Para llevar a cabo la implementación de la escena de RV, es necesario la configuración de la herramienta o paquete Google VR, a continuación se describe los pasos para esto:

- En primera instancia se debe descargar el paquete GVR; seguidamente, se debe seleccionar la pestaña Assets, Import Package, Custom Package (ver figura 6.25):

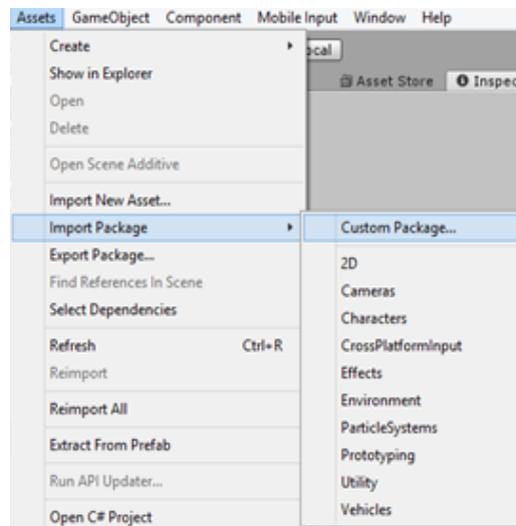


Figura 6.25: Pestaña Assets - Import Package.

- Después, se busca el paquete que contiene las herramientas de realidad virtual (ver figura 6.26):

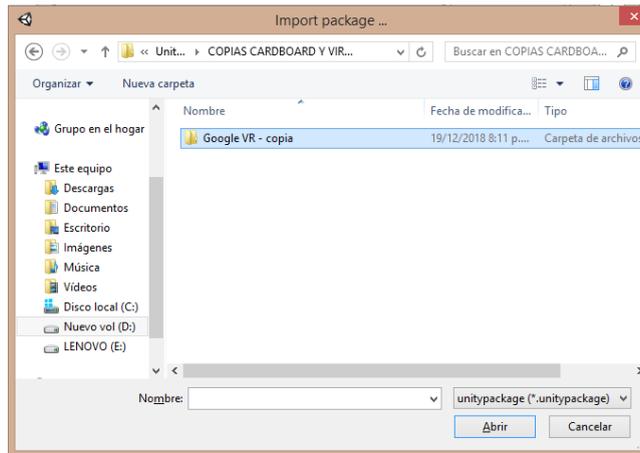


Figura 6.26: Búsqueda de las herramientas de realidad virtual.

- Ahora, se espera a que el paquete se descomprima en Unity; una vez el paquete ha sido preparado se despliega una ventana que permite importar algunas o todas las herramientas que contiene el paquete.
- Una vez el paquete a sido preparado aparecerá una ventana que permite importar algunas o todas las herramientas que contiene el paquete.

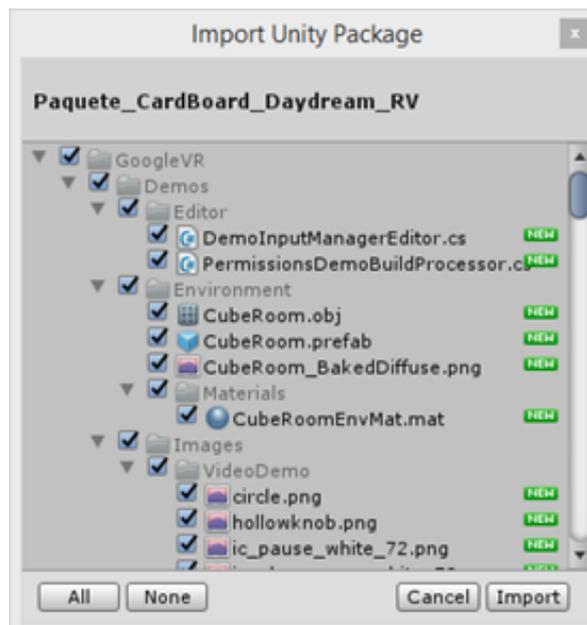


Figura 6.27: Ventana importar herramientas.

- Luego de que el paquete es importado, su ubicación estará en la carpeta Project, en la subcarpeta Assets de Unity (ver figura 6.28)

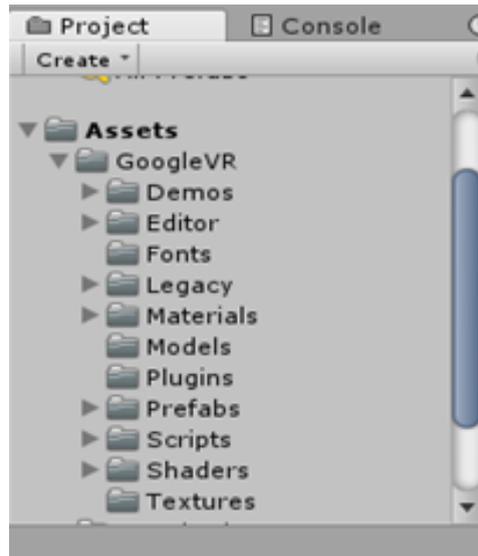


Figura 6.28: Subcarpeta Assets de Unity.

- Para lograr utilizar la herramienta GoogleVR, se buscan las herramientas necesarias para poner en marcha la escena con RV y se arrastran a la jerarquía, permitiendo así utilizar cada uno de ellas en la escena de vista (ver figura 6.29).

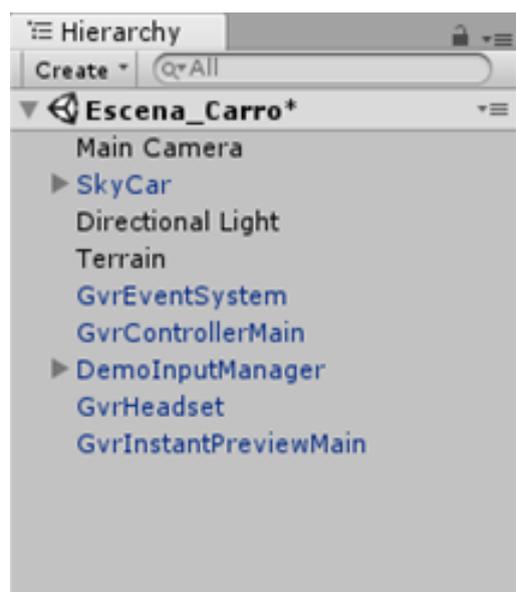


Figura 6.29: Selección y uso de herramientas de GoogleVR.

ANEXO C: DIAGRAMAS UML

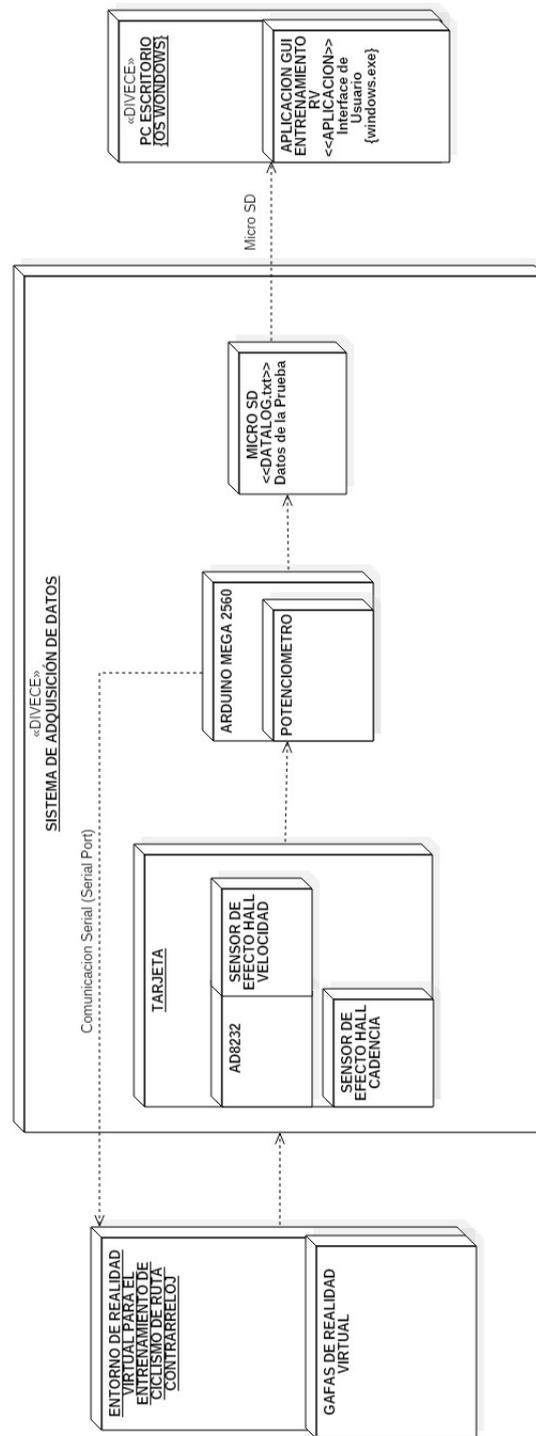


Figura 6.30: Diagrama UML de despliegue del aplicativo software. Fuente propia

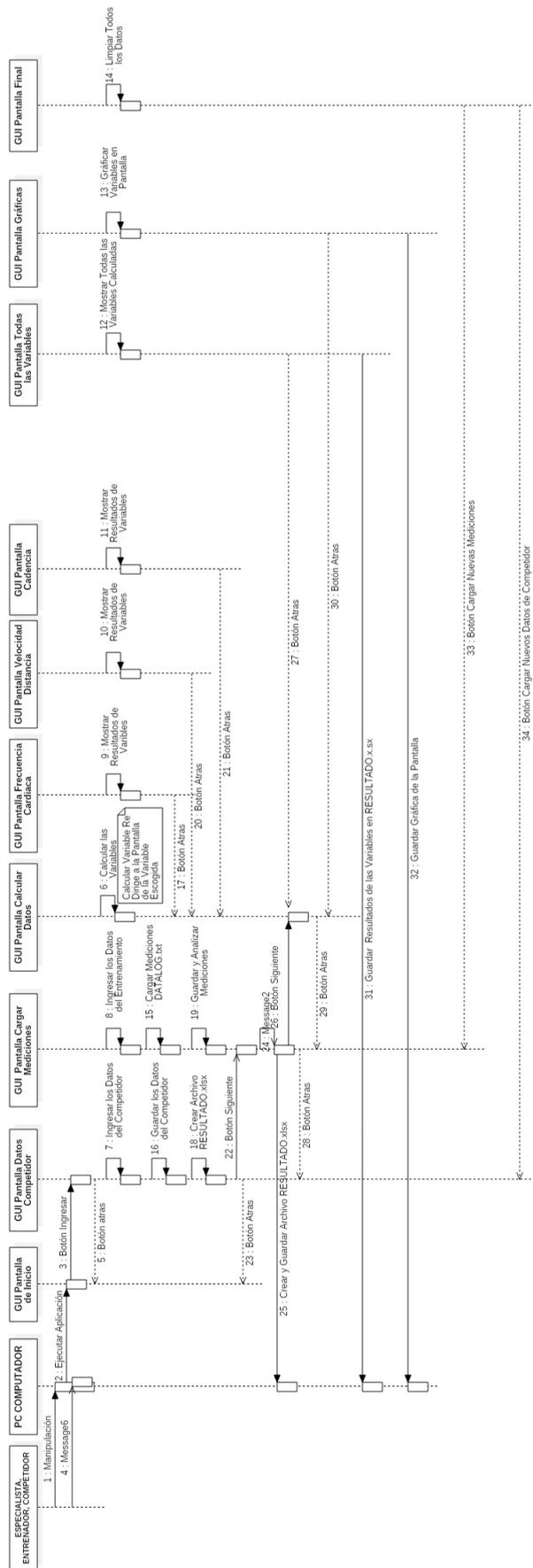


Figura 6.32: Diagrama UML de secuencia del aplicativo software

ANEXO D: PLANIFICACIÓN DE ENTRENAMIENTO

PLANIFICACIÓN TRADICIONAL

PLAN ESCRITO:

INSTITUCION:	Escuela de Ciclismo de Totoró.
DEPORTE:	Ciclismo de Ruta.
RAMA:	Masculina.
ESPECIALIDAD:	Contrarreloj Individual.
POBLACIÓN:	Ciclistas profesionales sub 23.
NOMBRE:	Jhonnier Alexander Rivera.
NIVEL TÉCNICO:	Competitivo.
ANTECEDENTES:	Ciclista Profesional Sub 23

Descripción General:

El plan de entrenamiento que se presenta a continuación, se realizó a partir de una planificación tradicional bajo el modelo de Matveiev, teniendo en cuenta su estructura y el comportamiento de la carga presentado en dicho modelo, tomando en cuenta la fisiología del competidor y su estado de forma; considerando el proceso de entrenamiento que venía adoptando el deportista en la escuela de ciclismo a la que hace parte.

Objetivo General:

Preparar físicamente el ciclista sub 23 para su participación en una competencia de contrarreloj individual.

Objetivos Específicos:

- Implementar una planificación de entrenamiento tradicional para un ciclista sub 23 en la modalidad ruta competencia contrarreloj.
- Alcanzar un desarrollo físico especial que permita elevar el nivel competitivo.
- Monitorear las variables fisiológicas del deportista.

Duración del Plan: 15 de Octubre del 2018 – 18 de Noviembre del 2018 (5 semanas)

Preparación Física General:

Inicio: 15 de Octubre del 2018
Finalización: 28 de Octubre del 2018
2 Semanas
Frecuencia semanal de entrenamiento: 6 Sesiones.
Duración de sesión: 1 – 5 Horas (De martes a sábado)
0 – 1 Hora (Domingo)
Descanso: Lunes
Total horas (aproximado): 2450 Horas.
Objetivo General: Mejora de la resistencia aeróbica.
Parámetros de la carga:
Intensidad: 60 %-85 %(Martes-sábado) / 85 %-96 %(Domingo).
Volumen:120-140Km(Martes-sábado) / 18 - 20Km(Domingo).

Actividades:

- Ejercicios de calentamiento y estiramiento.
- Ejercicios de movilidad articular
- Trabajo de base sobre la bicicleta, terreno ondulado.
- Ejercicios de recuperación.

Test a realizar: No Aplica.
Variables de Rendimiento: Frecuencia Cardiaca, Cadencia, Velocidad, Tiempo.
Evaluaciones Médicas: No Aplica.

Preparación Física Específica:

Inicio: 29 de Octubre del 2018
Finalización: 11 de Noviembre del 2018
2 Semanas
Frecuencia semanal de entrenamiento: 6 Sesiones.
Duración de sesión: 1 – 5 Horas (De martes a sábado)
0 – 1 Minutos (Domingo)
Descanso: Lunes.
Total horas (aproximado): 2610 Horas.

Objetivo General: Desarrollo de la forma física en general.

Parámetros de carga:

Intensidad: 60 %-90 %(Martes-sábado) / 90 %-98 %(Domingo).

Volumen: 130-150Km(Martes-sábado) / 20 - 24Km(Domingo).

Actividades:

- Ejercicios de calentamiento y estiramiento.
- Ejercicios de movilidad articular
- Trabajo de base sobre la bicicleta, terreno ondulado.
- Ejercicios de recuperación.

Test a realizar: No Aplica.

Variables de Rendimiento: Frecuencia Cardiaca, Cadencia, Velocidad, Tiempo.

Evaluaciones Médicas: No Aplica.

Fase Competitiva:

Inicio: 12 de Noviembre del 2018

Finalización: 18 de Noviembre del 2018

1 Semanas.

Frecuencia semanal de entrenamiento: 6 Sesiones.

Duración de sesión: 1 – 5 Horas (De martes a sábado)

0 – 1 Minutos (Domingo)

Descanso: Lunes.

Total Horas (aproximado): 1370 Horas.

Objetivo General: Desarrollo de la resistencia anaeróbica y aumento de la velocidad.

Parámetros de Carga:

Intensidad: 60 %-95 %(Martes-sábado) / 90 %-100 %(Domingo).

Volumen: 140-150Km(Martes-sábado) / 24Km(Domingo).

Actividades:

- Ejercicios de calentamiento y estiramiento.
- Ejercicios de movilidad articular.
- Trabajo de base sobre la bicicleta, terreno ondulado.

- Ejercicios de recuperación.

Test a realizar: No Aplica.

Variables de Rendimiento: Frecuencia Cardíaca, Cadencia, Velocidad, Tiempo.

Evaluaciones Médicas: No Aplica.

NOTA:

Se finalizan actividades y se procede a competir en la prueba de contrarreloj individual de 24 km terreno ondulado, con el fin de evaluar la eficacia del entrenamiento abordado.

PLAN GRÁFICO:

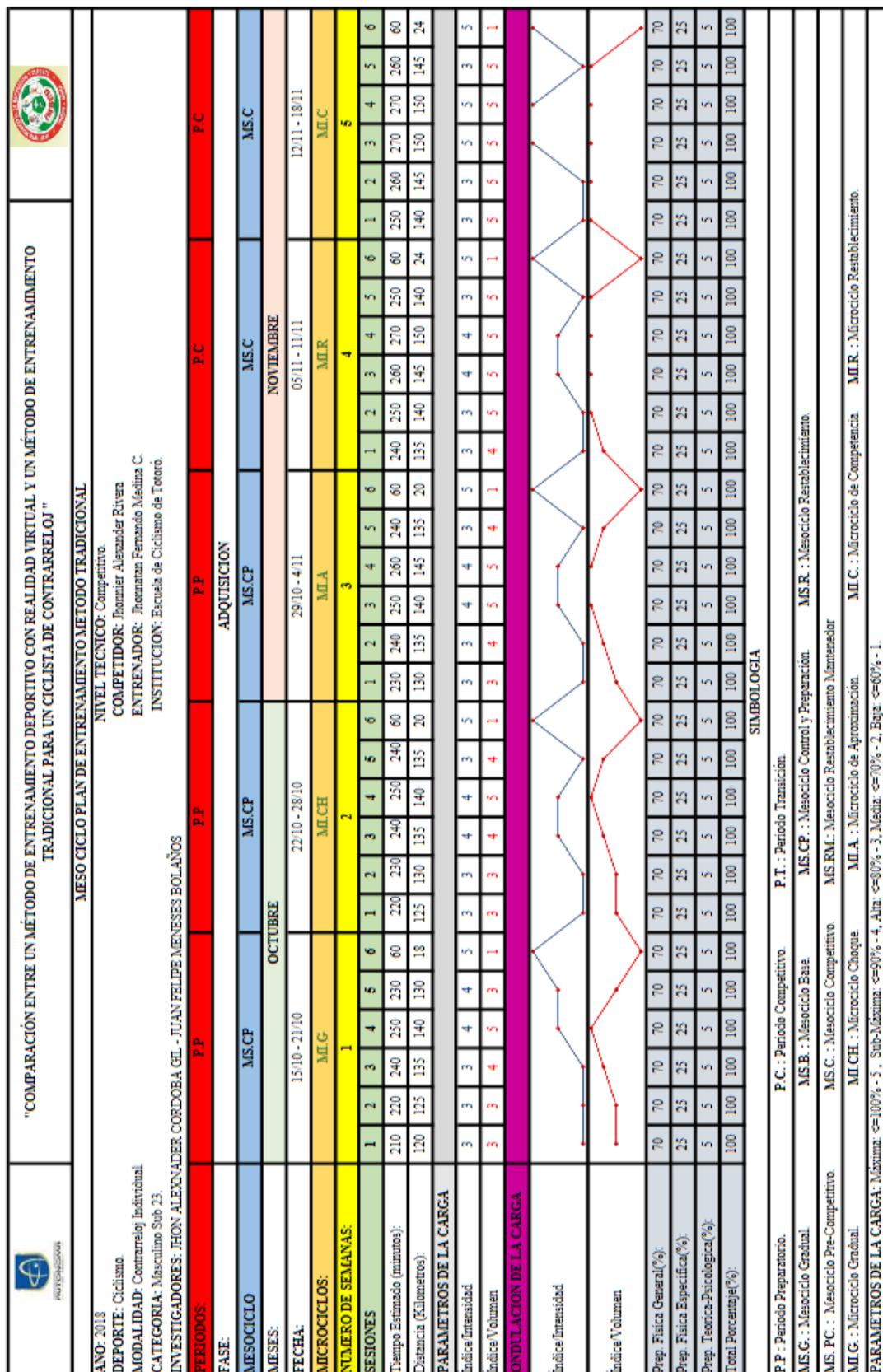


Figura 6.33: Planificación entrenamiento contemporáneo con RV. Fuente propia

Planificación semanal:

A continuación, se presenta la planificación por microciclo (semana) del entrenamiento tradicional:

SEMANA: 1
 MES: Octubre
 FECHA: 15/10/2018 - 21/10/2018
 MICROCICLO: 1
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1210 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 668 Kilómetros.

		"COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "						
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS				
ENTRENAMIENTO TRADICIONAL SEMANAL								
NOMBRE: Jhonmier Alexander Rivera.		ENTRENADOR: Jhonmatan Fernando Medina			MES: Octubre.			
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró		CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo			
FECHA:	15/10/2018 - 21/10/2018	15/10/2018	16/10/2018	17/10/2018	18/10/2018	19/10/2018	20/10/2018	21/10/2018
DIA:		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA:		06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta (contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	120 Km	125 Km	135 Km	140 Km	130 Km	18 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-80%	FC: 60%-80%	FC: 65%-85%	FC: 65%-85%	FC: 85%-95%	
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 4-5	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	3h:30 min (210min)	3h:45 min (220min)	4h:00 min (240min)	4h:10 min (250min)	3h:50 min (230min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.1: Microciclo: 1 - Entrenamiento tradicional.

SEMANA: 2
 MES: Octubre
 FECHA: 22/10/2018 - 28/10/2018
 MICROCILO: 2
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1240 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 685 Kilómetros.

 "COMPARACIÓN ENTRE UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN MÉTODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLAÑOS				
ENTRENAMIENTO TRADICIONAL SEMANAL								
NOMBRE: Jhonier Alexander Rivera.			ENTRENADOR: Jhonatan Fernando Medina			MES: Octubre.		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	22/10/2018 - 28/10/2018	22/10/2018	23/10/2018	24/10/2018	25/10/2018	26/10/2018	27/10/2018	28/10/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA		06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta (contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	125 Km	130 Km	135 Km	140 Km	135 Km	20 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80% RPE: 2-3	FC: 60%-80% RPE: 2-3	FC: 60%-85% RPE: 2-3-4	FC: 60%-85% RPE: 2-3-4	FC: 60%-80% RPE: 2-3	FC: 85%-95% RPE: 4-5	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	3h:40 min (220min)	3h:50 min (230min)	4h:00 min (240min)	4h:10 min (250min)	4h:00 min (240min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.2: Microciclo: 2 - Entrenamiento tradicional.

SEMANA: 3
 MES: Octubre - Noviembre
 FECHA: 29/10/2018 - 04/11/2018
 MICROCILO: 3
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1280 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 705 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO TRADICIONAL SEMANAL								
NOMBRE: Jhonmier Alexander Rivera.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Octubre - Noviembre		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA:	29/10/2018 - 4/11/2018	29/10/2018	30/10/2018	31/11/2018	01/11/2018	02/11/2018	03/11/2018	04/11/2018
DIA:		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA:		06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta (contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	130 Km	135 Km	140 Km	145 Km	135 Km	20 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-80%	FC: 60%-85%	FC: 60%-85%	FC: 60%-80%	FC: 85%-95%	
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3	RPE: 4 - 5	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	3h:50 min (230min)	4h:00 min (240min)	4h:10 min (250min)	4h:20 min (260min)	4h:00 min (240min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.3: Microciclo: 3 - Entrenamiento tradicional.

SEMANA: 4
 MES: Noviembre.
 FECHA: 05/11/2018 - 11/11/2018
 MICROCILO: 4
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1330 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 734 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO TRADICIONAL SEMANAL								
NOMBRE: Jhoannier Alexander Rivera.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Noviembre		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	05/11/2018 - 11/11/2018	05/11/2018	06/11/2018	07/11/2018	08/11/2018	09/11/2018	10/11/2018	11/11/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA		06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta (contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	135 Km	140 Km	145 Km	150 Km	140 Km	24 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-80%	FC: 60%-90%	FC: 60%-90%	FC: 60%-85%	FC: 90%-98%	
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 4 – 5	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	4h:00 min (240min)	4h:10 min (250min)	4h:20 min (260min)	4h:30 min (270min)	4h:10 min (250min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.4: Microciclo: 4 - Entrenamiento tradicional.

SEMANA: 5
 MES: Noviembre.
 FECHA: 12/11/2018 - 18/11/2018
 MICROCILO: 5
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1370 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 754 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO TRADICIONAL SEMANAL								
NOMBRE: Jhonier Alexander Rivera.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Noviembre		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	12/11/2018 - 18/11/2018	12/11/2018	13/11/2018	14/11/2018	15/11/2018	16/11/2018	17/11/2018	18/11/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA		06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am	06:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	DESCANSO	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta terreno ondulado.	Trabajo de base sobre la bicicleta (contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	NO APLICA	140 Km	145 Km	150 Km	150 Km	145 Km	24 Km
INTENSIDAD	NO APLICA	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-80%	FC: 60%-95%	FC: 60%-95%	FC: 60%-80%	FC: 90%-100%
	NO APLICA	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3	RPE: 5-6 Y 7
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	NO APLICA	4h:10 min (250min)	4h:20 min (260min)	4h:30 min (270min)	4h:30 min (270min)	4h:20 min (260min)	1h min (60min)
ACTIVIDAD	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.5: Microciclo: 5 - Entrenamiento tradicional.

PLANIFICACIÓN CONTEMPORANEA CON RV

PLAN ESCRITO:

INSTITUCIÓN:	Escuela de Ciclismo de Totoró.
DEPORTE:	Ciclismo de Ruta.
RAMA:	Masculina.
ESPECIALIDAD:	Contrarreloj Individual.
POBLACIÓN:	Ciclistas profesionales sub 23.
NOMBRE:	Cristian Fernando Canacuan Quilindo.
NIVEL TÉCNICO:	Competitivo.
ANTECEDENTES:	Ciclistas Profesionales Sub 23.

Descripción General:

A continuación se presenta un plan de entrenamiento deportivo, que se realizó a partir de una planificación contemporánea bajo el modelo A.T.R (acumulación, transformación y realización), teniendo en cuenta su estructura y el comportamiento de la carga presentado en dicho modelo, en concordancia con la fisiología del competidor y su estado de forma, considerando el proceso de entrenamiento que venía adoptando el deportista en la escuela de ciclismo a la que hace parte.

Objetivo General:

Preparar y elevar la condición física del ciclista sub 23 para su participación en una competencia de contrarreloj individual.

Objetivos Específicos:

- Implementar una planificación de entrenamiento contemporánea acompañada de un sistema de RV, para un ciclista sub 23 en la modalidad ruta competencia contrarreloj.
- Alcanzar un desarrollo físico especial que permita elevar el nivel competitivo.
- Monitorear las variables fisiológicas del deportista.

Duración del Plan: 19 de Noviembre del 2018 – 23 de Diciembre del 2018 (5 Semanas).

Preparación Física General:

Inicio: 19 de Noviembre del 2018.
Finalización: 2 de Diciembre del 2018.
2 Semanas
Frecuencia semanal de entrenamiento: 6 Sesiones.
Duración de sesión: 1 – 5 Horas (De martes a sábado).
0 – 1 Hora (Domingo).
Descanso: Lunes.
Total horas (aproximado): 2590 Horas.
Objetivo General: Mejora de la resistencia aeróbica.
Parámetros de la carga:
Intensidad: 60 %-90 %(Martes-sábado) / 80 %-95 %(Domingo).
Volumen: 120-145Km(Martes-sábado) / 18 - 20Km(Domingo).

Actividades:

- Ejercicios de calentamiento y estiramiento.
- Ejercicios de movilidad articular
- Trabajo de base sobre el ciclo simulador de RV.
- Ejercicios de recuperación.

Test a realizar: No Aplica.
Variables de Rendimiento: Frecuencia Cardiaca, Cadencia, Velocidad, Tiempo.
Evaluaciones Médicas: No Aplica.

Preparación Física Específica:

Inicio: 3 de Diciembre del 2018.
Finalización: 16 de Diciembre del 2018.
2 Semanas
Frecuencia semanal de entrenamiento: 6 Sesiones.
Duración de sesión: 1 – 5 Horas (De martes a sábado).
0 – 1 Horas (Domingo).
Descanso: Lunes.
Total horas (aproximado): 2735 Horas.

Objetivo General: Desarrollo de la forma física en general.

Parámetros de carga:

Intensidad: 60 %-90 %(Martes-sábado) / 90 %-98 %(Domingo).

Volumen:140-150Km(Martes-sábado) / 20 - 24Km(Domingo).

Actividades:

- Ejercicios de calentamiento y estiramiento.
- Ejercicios de movilidad articular
- Trabajo de base sobre el ciclo simulador de RV.
- Ejercicios de recuperación.

Test a realizar: No Aplica.

Variables de Rendimiento: Frecuencia Cardiaca, Cadencia, Velocidad, Tiempo.

Evaluaciones Médicas: No Aplica.

Fase Competitiva:

Inicio: 10 de Diciembre del 2018

Finalización: 23 de Diciembre del 2018.

1 Semanas.

Frecuencia semanal de entrenamiento: 6 Sesiones.

Duración de sesión: 1 – 5 Horas (De martes a sábado).

0 – 1 Minutos (Domingo).

Descanso: Lunes.

Total Horas (aproximado): 1348 Horas.

Objetivo General: Desarrollo de la resistencia anaeróbica y aumento de la velocidad.

Parámetros de Carga:

Intensidad: 60 %-90 %(Martes-sábado) / 90 %-100 %(Domingo).

Volumen: 145-150Km(Martes-sábado) / 24Km(Domingo).

Actividades:

- Ejercicios de calentamiento y estiramiento.
- Ejercicios de movilidad articular.
- Trabajo de base sobre el ciclo simulador de RV.

- Ejercicios de recuperación.

Test a realizar: No Aplica.

Variables de Rendimiento: Frecuencia Cardíaca, Cadencia, Velocidad, Tiempo.

Evaluaciones Médicas: No Aplica.

Nota:

Se finalizan actividades y se procede a competir en la prueba de contrarreloj individual de 24 km terreno ondulado, con el fin de evaluar la eficacia del entrenamiento abordado.

PLAN GRÁFICO:

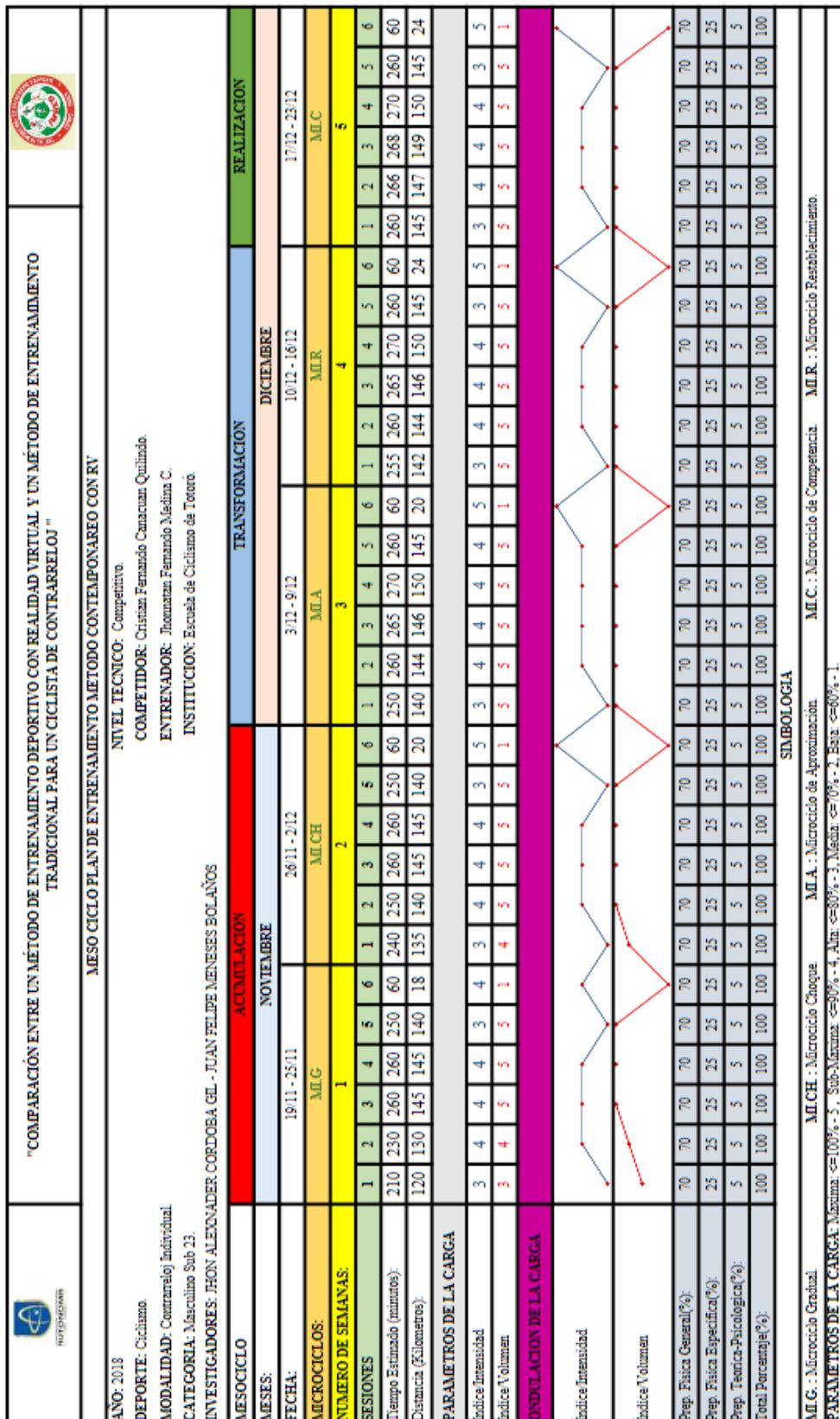


Figura 6.34: Planificación gráfica de entrenamiento contemporáneo con RV

Planificación Semanal:

A continuación, se presenta la planificación por microciclo (semana) del entrenamiento contemporáneo con realidad virtual:

SEMANA: 1
 MES: Noviembre.
 FECHA: 19/11/2018 - 25/11/2018
 MICROCICLO: 1
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1270 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 698 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL - JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO RV SEMANAL								
NOMBRE: Cristian Fernando Canacuan Q.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Noviembre		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	19/11/2018 - 25/11/2018	19/11/2018	20/11/2018	21/11/2018	22/11/2018	23/11/2018	24/11/2018	25/11/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA		8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador (Contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	120 Km	130 Km	145 Km	145 Km	140 Km	18 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-85%	FC: 60%-85%	FC: 60%-90%	FC: 60%-80%	FC: 80%-90%	
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3	RPE: 4-5	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	3h:30 min (210min)	3h:50 min (230min)	4h:20 min (260min)	4h:20 min (260min)	4h:10 min (250min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.6: Microciclo: 1 - Entrenamiento contemporáneo con RV

SEMANA: 2
 MES: Noviembre-Diciembre.
 FECHA: 26/11/2018 - 02/12/2018
 MICROCILO: 2
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1320 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 723 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO RV SEMANAL								
NOMBRE: Cristian Fernando Canacuan Q.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Noviembre – Diciembre		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	26/11/2018 - 2/12/2018	26/11/2018	27/11/2018	28/11/2018	29/11/2018	30/11/2018	01/12/2018	02/12/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA		8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador (Contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	135 Km	140 Km	145 Km	145 Km	140 Km	20 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-85%	FC: 60%-90%	FC: 60%-90%	FC: 60%-80%	FC: 80%-95%	
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3	RPE: 4-5	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	4h:00 min (240min)	4h:10 min (250min)	4h:20 min (260min)	4h:20 min (260min)	4h:10 min (250min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	

SIMBOLOGIA

Km: Kilómetros. **FC:** Frecuencia Cardiaca. **RPE:** Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).

Tabla 6.7: Microciclo: 2 - Entrenamiento contemporáneo con RV

SEMANA: 3
 MES: Diciembre.
 FECHA: 03/12/2018 - 09/12/2018
 MICROCILO: 3
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1365 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 745 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO RV SEMANAL								
NOMBRE: Cristian Fernando Canacuan Q.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Diciembre.		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	03/12/2018 - 09/12/2018	03/12/2018	04/12/2018	05/12/2018	06/12/2018	07/12/2018	08/12/2018	09/12/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA		8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador (Contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	140 Km	144 Km	146 Km	150 Km	145 Km	20 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-85%	FC: 60%-90%	FC: 60%-90%	FC: 60%-80%	FC: 80%-98%	
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3	RPE: 4 - 5	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	4h:10 min (250min)	4h:20 min (260min)	4h:25 min (265min)	4h:30 min (270min)	4h:20 min (260min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.8: Microciclo: 3 - Entrenamiento contemporáneo con RV

SEMANA: 4
 MES: Diciembre.
 FECHA: 10/12/2018 - 16/12/2018
 MICROCICLO: 4
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1370 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 751 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO RV SEMANAL								
NOMBRE: Cristian Fernando Canacuan Q.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Diciembre.		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	10/12/2018 - 16/12/2018	10/12/2018	11/12/2018	12/12/2018	13/12/2018	14/12/2018	15/12/2018	16/12/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA:		8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador (Contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	142 Km	144 Km	146 Km	150 Km	145 Km	24 Km	
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-85%	FC: 60%-90%	FC: 60%-90%	FC: 60%-80%	FC: 90%-98%	
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3	RPE: 5-6	
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	4h:15 min (255min)	4h:20 min (260min)	4h:25 min (265min)	4h:30 min (270min)	4h:20 min (260min)	1h min (60min)	
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	
SIMBOLOGIA								
Km: Kilómetros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.9: Microciclo: 4 - Entrenamiento contemporáneo con RV

SEMANA: 5
 MES: Diciembre.
 FECHA: 17/12/2018 - 23/12/2018
 MICROCILO: 5
 NUMERO DE SESIONES: 6
 TOTAL MINUTOS: 1348 Minutos.
 TOTAL DISTANCIA: 760 Kilómetros.

 "COMPARACION ENTRE UN METODO DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO CON REALIDAD VIRTUAL Y UN METODO DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL PARA UN CICLISTA DE CONTRARRELOJ "								
FACULTAD: INGENIERIAS		PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA		INVESTIGADORES: JHON ALEXNADER CORDOBA GIL JUAN FELIPE MENESES BOLANOS				
ENTRENAMIENTO RV SEMANAL								
NOMBRE: Cristian Fernando Canacuan Q.			ENTRENADOR: Jhonnatan Fernando Medina			MES: Diciembre.		
INSTITUCION: Escuela de Ciclismo de Totoró			CATEGORIA: Sub 23.			NIVEL: Competitivo		
FECHA	17/12/2018 - 23/12/2018	17/12/2018	18/12/2018	19/12/2018	20/12/2018	21/12/2018	22/12/2018	23/12/2018
DIA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
HORA		8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am	8:00am
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento	Ejercicios de calentamiento y estiramiento
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular	Ejercicios de movilidad articular
ACTIVIDAD	DESCANSO	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador	Trabajo de base sobre el ciclo simulador (Contrarreloj)
VOLUMEN	NO APLICA	145 Km	147 Km	149 Km	150 Km	145 Km	145 Km	24 Km
INTENSIDAD	NO APLICA	FC: 60%-80%	FC: 60%-85%	FC: 60%-90%	FC: 60%-90%	FC: 60%-80%	FC: 60%-80%	FC: 90%-100%
	NO APLICA	RPE: 2-3	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3-4	RPE: 2-3	RPE: 2-3	RPE: 5-6 Y 7
TIEMPO ESTIMADO	NO APLICA	4h:20 min (260min)	4h:26 min (266min)	4h:28 min (268min)	4h:30 min (270min)	4h:20 min (260min)	4h:20 min (260min)	1h min (60min)
ACTIVIDAD	DESCANSO	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación	Ejercicios de Recuperación
SIMBOLOGIA								
Km: Kilometros. FC: Frecuencia Cardiaca. RPE: Escala de esfuerzo percibido (Escala de Borg).								

Tabla 6.10: Microciclo: 5 - Entrenamiento contemporáneo con RV

ANEXO E - PROTOCOLO DE LAS PRUEBAS

PROTOCOLO PRUEBA DE ENTRENAMIENTO TRADICIONAL

- Inicialmente se le pregunta al competidor si se encuentra con las capacidades físicas plenas para participar en la prueba.
- Se socializa el plan de entrenamiento al cual será sometido el deportista y se le explican los parámetros que deberá tener en cuenta.
- Se expone el funcionamiento del dispositivo Sigma 23.16 sts que tendrá como fin captar y monitorear algunas variables tanto físicas como de rendimiento durante la prueba además se procede a ubicar cada una de las herramientas que lo integran.
- Posteriormente se presentan las planillas de registro de variables con las que llevará el control y compendio diario de las variables explicando su uso adecuado.
- Una vez realizado lo previamente expuesto, se procede a iniciar el entrenamiento de acuerdo a la planificación establecida.
- Al finalizar la sesión de entrenamiento se recolectan los resultados de las mediciones en las planillas.

PROTOCOLO PRUEBA DE ENTRENAMIENTO CONTEMPORANEO CON RV

- Inicialmente se le pregunta al competidor si se encuentra con las capacidades físicas plenas para participar en la prueba.
- Se socializa el plan de entrenamiento al cual será sometido el deportista y se le explican los parámetros que deberá tener en cuenta.
- Se expone el funcionamiento del dispositivo Sigma 23.16 sts que tendrá como fin captar y monitorear algunas variables tanto físicas como de rendimiento durante la prueba además se procede a ubicar cada una de las herramientas que lo integran.
- Se presenta el prototipo funcional desarrollado para su utilización en el entrenamiento contemporáneo acompañado de la tecnología de la RV, explicando su funcionamiento y los elementos que lo componen.
- Se manifiesta el funcionamiento del aplicativo software desarrollado para la estimación de los resultados recopilados durante la prueba, indicando el debido uso del mismo para la gestión de las variables.

- Se brinda una breve explicación de lo que se visualiza en el entorno de RV, indicando las mecánicas de movimiento necesarias para interactuar dentro del mismo a partir del uso de la bicicleta de tal manera que se logre utilizar adecuadamente el prototipo funcional desarrollado.
- Los investigadores proceden a ubicar y calibrar los dispositivos de medición y visualización que hacen parte del prototipo.
- Los investigadores inician la configuración del móvil el cual se implementará en conjunto con las gafas de realidad virtual para llevar a cabo la visualización del entorno de RV de la prueba.
- Se verifican los procesos de comunicación e interacción del prototipo con el fin de determinar el correcto funcionamiento del mismo.
- Se comprueban tanto los valores de distancia que deberá recorrer el participante durante la prueba como también los diferentes indicadores de carga a regular durante el desarrollo de la misma.
- Se inicializa el prototipo en general compilando tanto el entorno de RV como la adquisición de los datos de la prueba.
- Cumpliendo los parámetros establecidos anteriormente, el deportista participante inicia la sesión de entrenamiento con realidad virtual haciendo uso del prototipo funcional desarrollado.
- Durante el entrenamiento se suministran bebidas de hidratación además se monitorea tanto el recorrido que está realizando el ciclista como las variables de rendimiento a través del computador y se efectúan los cambios de la oposición a la resistencia a partir del regulador de cambios del rodillo por parte de los investigadores.
- Una vez finalizada la sesión de entrenamiento, el deportista procede a gestionar el cálculo de las variables recopiladas por el prototipo durante la prueba, mediante la utilización del aplicativo software implementado.

ANEXO F - ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Nombre:

Categoría:

Institución:

Exhibición de las preguntas realizadas en la encuesta de las 5 personas que probaron el prototipo para la implementación de la tecnología de la realidad virtual.

PREGUNTAS PRELIMINARES

1. ¿Tiene conocimientos acerca de sistemas de realidad virtual enfocados en el entrenamiento de ciclismo contrarreloj de ruta?
 Si.
 No.
2. Si la pregunta anterior es si, mencione cuales sistemas conoce o ha escuchado, de lo contrario proceda con la siguiente pregunta
3. ¿Alguna vez ha tenido la oportunidad de interactuar con un sistema de realidad virtual?
 Si.
 No.

PREGUNTAS DEL PROTOTIPO

4. De 1 a 5. ¿Es fácil de usar el prototipo para la aplicación de realidad virtual en el entrenamiento de ciclismo de contrarreloj?
 1.
 2.
 3.
 4.
 5.
5. De 1 a 5. ¿El ambiente naturalista del entorno de realidad virtual, se asemeja, en relación al ambiente real con el que interactúa el ciclista de contrarreloj en carretera?
 1.
 2.
 3.
 4.

- 5.
6. De 1 a 5. El proceso de adecuación de los dispositivos fue:
- 1 (Rápido.)
- 2 (Medianamente rápido)
- 3 (Normal.)
- 4 (Medianamente lento.)
- 5 (Lento.)
7. ¿La ubicación de los dispositivos electrónicos (sensores) y mecánicos del prototipo afectan de alguna manera el desarrollo normal del entrenamiento del ciclismo de contrarreloj, si, no y de qué manera?
- Si.
- No.
- R//
8. De 1 a 5. ¿El sistema, cumple con los objetivos planeados en cuánto a estimación de las medidas de las variables propuestas?
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
9. De 1 a 5, ¿Es fácil de usar el aplicativo software implementado para el cálculo de las variables monitorizadas?
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
10. De 1 a 5. ¿Se siente cómodo usando el prototipo, si, no y por qué?
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

5.

R//

11. De 1 a 5, ¿Cómo está usted satisfecho con el rendimiento del prototipo de Realidad Virtual?

1 (Muy satisfecho.)

2 (Satisfecho.)

3 (Normal.)

4 (Insatisfecho.)

5 (Terriblemente insatisfecho.)

12. ¿Cree usted que el uso de la tecnología de realidad virtual logra mejoras significativas en las capacidades físicas del ciclista de contrarreloj, si, no y cuáles?

Si.

No.

R//

13. ¿Cómo cree usted que se puede mejorar el prototipo de realidad virtual?

R//

14. ¿Cree usted que es importante y/o necesario escuchar música mientras se desarrolla este tipo de entrenamientos, si, no, y por qué?

Si.

No.

R//