



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRÉS BELLO

ESCUELA DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FISICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

Trabajo presentado como requisito parcial para optar
el Título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Autores: Cesar Chaurel

Juan de Dios Murillo

Tutor: Javier Mendoza

Caracas, Octubre de 2014.

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
ESCUELA DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FISICO PARA
ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO

Autores: Cesar Chaurel
Juan de Dios Murillo
Tutor: Javier Mendoza
Fecha: febrero del año 2014

RESUMEN

El sistema de monitoreo de rendimiento físico para atletas de alto desempeño contempla, el diseño y elaboración de un sistema de monitorización que es capaz de obtener, analizar, calcular y mostrar los parámetros de rendimiento físico de dichos atletas, todo esto realizado de forma automática, precisa y simultánea. Este sistema utilizando la tecnología *RFID* logra la obtención de tiempos de cronometraje, los cuales dependen de distintos arreglos estratégicos de antenas y el parámetro que se quiera medir. Para la recolección del ritmo cardiaco se utilizó un transmisor receptor inalámbrico Polar en el cual la información de las pulsaciones se almacena con tecnología Arduino, El sistema está conformado por tres subsistemas; un sistema encargado de la detección de tiempos, el sistema de detección de ritmo cardiaco y la aplicación de *software* que analiza todos los datos obtenidos para mostrar un resultado del rendimiento físico. El atleta posee consigo un tag *RFID* que al pasar por las distintas antenas, se detectan los tiempos que desarrolla el mismo en un determinado ejercicio. El *tag* está ligado a un módulo electrónico capaz de captar las pulsaciones mediante un medidor de ritmo cardiaco, el cual envía la información por medio de radiofrecuencia, y la misma es almacenada con el sistema Arduino; por otra parte el otro subsistema es un *software* para el procesamiento de los datos, este sistema que fue programado en lenguaje Java, utiliza el tiempo y ritmo cardiaco para calcular los distintos parámetros que son necesarios para determinar el rendimiento físico de un atleta de alto desempeño. Los parámetros que serán calculados son: velocidad, potencia, habilidad y ritmo cardiaco, los cuales representan los fundamentos necesarios que se deben analizar a la hora de determinar el estado físico de un atleta, todos estos datos son mostrados en la aplicación de forma gráfica e intuitiva.

Palabras Claves: Rendimiento Físico, Atletas, Monitoreo, *RFID*, Arduino.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	I
Índice General.....	II
Lista de Gráficos.....	VI
Lista de Cuadros	VIII
Introducción	X
I.- Capítulo I.....	1
I.1.- Planteamiento del Problema	1
I.2.- Objetivos de la Investigación	2
I.2.1.- Objetivo General:.....	2
I.2.2.- Objetivos Específicos:	2
I.3.- Alcances y Limitaciones.....	3
I.4.- Justificación.....	4
II.- Capítulo II	5
II.1.- Antecedentes de la Investigación	5
II.2.- Marco Referencial.....	6
II.2.1.- Rendimiento Físico.....	6
II.2.1.1.- Parámetros de Rendimiento Físico	8
II.2.1.1.1.- Fuerza	9
II.2.1.1.2.- Rapidez.....	9
II.2.1.1.3.- Movilidad	9
Movilidad Activa Dinámica	9
Movilidad Activa Estática.....	9
Movilidad Pasiva.....	9
II.2.1.1.4.- Ritmo Cardíaco	10
II.2.2.- Detección del ritmo cardíaco.....	11
II.2.2.1.- Circuito detector de complejo QRS	12
II.2.3.- Medición del Rendimiento Físico	14
II.2.3.1.1.- Medición de la Velocidad	15
II.2.3.1.2.- Medición de la Resistencia.....	15
II.2.3.1.3.- Medición de la Potencia	15
II.2.3.1.4.- Medición de la habilidad	16
II.2.4.- Tecnologías Inalámbricas.....	16
II.2.4.1.- Tecnología Wi-Fi	17
II.2.4.2.- Tecnología Zigbee.....	18

II.2.4.3.- RFID (Radio Frequency Identification).....	18
II.2.4.3.1.- Ventajas y Desventajas de un Sistema RFID.....	19
II.2.4.3.2.- Componentes de un Sistema RFID	20
Chip.....	20
Antena.....	21
Transponder.	21
Lector o Modulo Digital	28
II.2.4.3.3.- Frecuencia de Operación de RFID.....	29
II.2.4.3.4.- Software RFID	30
Lectura y Escritura.....	30
Anticolisión.....	30
Detección y Corrección de Errores.....	31
Seguridad	31
II.2.4.3.5.- Middleware RFID	31
II.2.4.3.6.- Aplicación Anfitrión RFID	31
II.2.4.3.7.- Regulaciones y Estándares.....	32
Regulaciones Nacionales	32
Regulaciones Internacionales	33
Regulaciones Respecto a la Salud	34
Estándares Internacionales.....	35
II.2.4.3.8.- Estándar EPC.	37
Especificaciones para las Etiquetas	37
Especificaciones para los Lectores	37
II.2.4.3.9.- Estándar EPC Gen2.	38
II.2.4.3.10.- RFID en el Deporte.....	39
II.2.4.3.11.- Consideraciones de salud en RFID	40
II.2.4.4.- Bluetooth	41
II.2.4.4.1.- Red WPAN Bluetooth	41
II.2.4.4.2.- Topología de las Redes WPAN Bluetooth.	42
II.2.4.4.3.- Red Picored (Ad Hoc).....	42
II.2.4.4.4.- Red Dispersa (Scatternet)	43
II.2.4.4.5.- Banda de Frecuencias de la Tecnología Bluetooth....	43
II.2.4.4.6.- Modulación	44
II.2.4.4.7.- Arquitectura de Bluetooth.....	44
Consumo de Energía.....	45
II.2.4.4.8.- Seguridad	45

II.2.4.4.9.- Aplicaciones de Bluetooth	45
II.2.5.- Plataformas de desarrollo basadas en Microcontroladores	46
II.2.5.1.- BeagleBoard.....	48
II.2.5.2.- Raspberry Pi.....	49
II.2.5.3.- Arduino	50
II.2.5.3.1.- Ventajas de Arduino.....	50
II.2.5.3.2.- Hardware de Arduino	51
II.2.5.3.3.- Arduino Uno.....	51
II.2.5.3.4.- Software Arduino	52
II.2.6.- Lenguajes de Programación	53
II.2.6.1.- Java	53
II.2.6.2.- Bases de Datos	54
II.2.6.3.- Modelo de base de datos relacional	54
II.2.6.3.1.- Relaciones one to one.....	55
II.2.6.3.2.- Relaciones one to many.....	55
II.2.6.3.3.- Relaciones many to many	55
II.2.6.4.- MySQL	55
II.2.6.4.1.- PostgreSQL	56
II.2.6.4.2.- JPA (Java Persistence API)	56
II.2.7.- Ambiente de Desarrollo.....	56
II.2.7.1.1.- NetBeans	57
II.2.7.1.2.- Eclipse	57
II.2.7.1.3.- MySQL Workbench	57
III.- Capitulo III	59
III.1.- Metodología	59
III.1.1.- Investigación Teórica.....	59
III.1.2.- Selección de tecnologías.	60
III.1.2.1.- Sistema de Medición de Tiempos.....	61
III.1.2.2.- Sistema de Medición de Ritmo Cardíaco	63
III.1.3.- Diseño del sistema de medición de tiempos	66
III.1.3.1.- Selección del lector.....	66
III.1.3.2.- Selección de Tags.	67
III.1.3.3.- Selección de las antenas.....	68
III.1.3.4.- Selección del cable.	68
III.1.4.- Diseño del medidor de ritmo cardíaco.	69
III.1.5.- Selección de Lenguaje de Programación y Base de Datos	71

III.1.6.- Desarrollo de la Aplicación	73
III.1.6.1.- Elaboración de la Base de Datos	73
III.1.6.2.- Elaboración de la Aplicación	75
III.1.6.2.1.- Librerías Utilizadas en el desarrollo de la aplicación	80
III.1.7.- Diseño y realización de Pruebas.	81
IV.- Capitulo IV	82
IV.1.- Resultados	82
IV.1.1.- Analizar qué tecnología Inalámbrica es la más adecuada a los requerimientos técnicos para la presente investigación.	82
IV.1.1.1.- Lector Impinj Speedway Revolution R420.	82
IV.1.1.2.- Tags pasivos UHF Sports Armband-38.	83
IV.1.1.3.- Antena SlimLine A6590C Times-7 UHF.	84
IV.1.1.4.- Cables Times Microwave Systems LMR 600.	85
IV.1.1.5.- Costo Aproximado del Sistema RFID	85
IV.1.2.- Determinar los componentes electrónicos que conformaran el módulo receptor de ritmo cardiaco.	86
IV.1.2.1.- Costo Aproximado del Sistema de Detección de Ritmo Cardiaco	87
IV.1.3.- Diseñar un módulo electrónico para el manejo de la frecuencia cardiaca.	87
IV.1.4.- Determinar el arreglo de la tecnología inalámbrica seleccionada.	89
IV.1.4.1.- Prueba de velocidad.	89
IV.1.4.2.- Prueba de resistencia.	90
IV.1.4.2.1.- Algoritmo de aproximación de distancia final.	91
IV.1.4.3.- Prueba de habilidad.	93
IV.1.5.- Diseñar el software que permita realizar los cálculos de los parámetros del rendimiento físico.	94
IV.1.5.1.- Elaboración de la Base de Datos.	95
IV.1.5.2.- Conexión con la base de Datos	96
IV.1.5.3.- Desarrollo de la Aplicación de Rendimiento Físico	97
IV.1.5.3.1.- Sala Principal Frame	97
IV.1.5.3.2.- Conectar Lector Dialog	98
IV.1.5.3.3.- Registro de Atletas Frame	98
IV.1.5.3.4.- Ver Atletas Dialog	99
IV.1.5.3.5.- Realizar Pruebas de Rendimiento Frame	100

IV.1.5.3.6.- Ventanas de Pruebas de Rendimiento Físico.....	100
IV.1.5.3.7.- Cronometraje de Pruebas Frame.....	101
IV.1.5.3.8.- Entrenamientos Anteriores Dialog	103
IV.1.6.- Diseño de una interfaz gráfica.	104
IV.1.6.1.- Desempeño Atleta Dialog.....	104
IV.1.6.2.- Ver Detalles Dialog	106
IV.1.7.- Realizar pruebas del prototipo con atletas de alto rendimiento en distintos escenarios reales.	107
IV.1.7.1.- Pruebas de Simulación de Entrenamiento Físico	107
IV.1.7.1.1.- Configuración del emulador RIFIDI.	107
IV.1.7.1.2.- Conexión con el Lector Emulado	108
IV.1.7.1.3.- Registro de Atleta y Detección de Tag.....	108
IV.1.7.1.4.- Realizar pruebas de Rendimiento Físico simuladas haciendo uso del Emulador RIFIDI.....	109
IV.1.7.2.- Pruebas de Emulación de Entrenamientos de Rendimiento Físico	111
IV.1.7.2.1.- Pruebas de Ubicación del Tag	112
IV.1.7.2.2.- Pruebas Emuladas de Entrenamiento Físico.....	119
IV.1.7.3.- Resultados de Rendimiento Físico	124
V.- Capítulo V.....	127
V.1.- Conclusiones y Recomendaciones.....	127
V.1.1.- Conclusiones.	127
V.1.2.- Recomendaciones.....	131
VI.- Referencias bibliograficas.	133
VII.- Anexos	136
VIII.- Apéndice A: Especificaciones de Lectores <i>RFID</i> comparados.....	142
IX.- Apéndice B: Especificaciones de Equipos Ideales para el sistema <i>RFID</i>	147

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Electrocardiógrafo.	11
Gráfico 2 Complejo QRS.....	12
Gráfico 3 Diagrama de bloques de circuito detector QRS.....	13
Gráfico 4 Circuito detector QRS	13
Gráfico 5 Señal ECG de entrada y complejo QRS obtenido de salida.	14
Gráfico 6 Prueba anaeróbica conocida como "suicida".	16
Gráfico 7 Clasificación de Redes Inalámbricas.	17
Gráfico 8 Comparación de una antena con una moneda de 10 centavos de dólar.	19

Gráfico 9 Antena RFID.	21
Gráfico 10 Comunicación entre el tag RFID y el lector.....	22
Gráfico 11 Esquema de un Transponder RFID.	22
Gráfico 12 Ejemplo de Retro-dispersión con el Reflejo de una Linterna.	24
Gráfico 13 Acoplamiento inductivo.	24
Gráfico 14 Acoplamiento Magnético.	25
Gráfico 15 Tag Pasivo.	26
Gráfico 16 Transponder Semi-Pasivo con Sensor de Temperatura.....	26
Gráfico 17 Tag Activo.....	27
Gráfico 18 Esquema de un Sistema RFID.....	32
Gráfico 19 Clasificación EPC de Etiquetas.	37
Gráfico 20 Niveles de referencia para exposición frecuente de campos eléctricos y magnéticos.....	40
Gráfico 21 Trama de Información Bluetooth.	42
Gráfico 22 Topología de Bluetooth. (a) Configuración esclavo, (b) Configuración multiesclavo. (c) Configuración dispersa.....	43
Gráfico 23 Modulación para la transmisión de datos en Bluetooth.	44
Gráfico 24 Arquitectura de Bluetooth.	44
Gráfico 25 Plataforma de Desarrollo.....	47
Gráfico 26 Beaglebone Black.....	48
Gráfico 27 Raspberry Pi modelo B.	50
Gráfico 28 Arduino Uno.....	52
Gráfico 29 Software Arduino.	53
Gráfico 30 Diagrama de bloques general del sistema.	61
Gráfico 31 Diagrama explicativo de medidor del ritmo cardiaco.	70
Gráfico 32 Componentes del sistema de ritmo cardiaco.	70
Gráfico 33 Procesamiento de datos en Arduino	71
Gráfico 34 Esquema de la Aplicación de Rendimiento Físico.	77
Gráfico 35 Lector ideal para el sistema.....	83
Gráfico 36 TAG UHF Sports Armband-38.....	84
Gráfico 37 Antena UHF SlimLine – A6590C.....	84
Gráfico 38 Polarización de antena SlimLine – A6590C	85
Gráfico 39 Componentes electrónicos siendo probados del medidor cardiaco.	88
Gráfico 40 Componentes electrónicos ensamblados del medidor cardiaco	88
Gráfico 41 Capturas del ritmo Cardiaco con el Monitor Serial de Arduino ...	89
Gráfico 42 Arreglo de Antenas prueba de Velocidad	90
Gráfico 43 Arreglo de Antena Prueba de Resistencia	90
Gráfico 44 Explicación de algoritmo de aproximación.....	92
Gráfico 45 Prueba suicida.	93
Gráfico 46 Diagrama Entidad-Relación de Base de Datos.	96
Gráfico 47 Diagrama de Flujo consultas a la Base de Datos utilizando JPA..	97
Gráfico 48 Sala Principal Frame	97
Gráfico 49 Conectar Lector Dialog	98
Gráfico 50 (a) Ventana de Registro de Atleta Frame detectando Tag. (b) Ventana de Registro de Atleta Frame con el Tag detectado.	99
Gráfico 51 Ventana Registro de Atletas Frame. Mensaje de Guardado.....	99
Gráfico 52 Ventana Ver Atletas Dialog	100

Gráfico 53 Ventana Realizar Pruebas de Rendimiento Frame	100
Gráfico 54 Ventanas de Configuración de Pruebas de Rendimiento Físico..	101
Gráfico 55 Elementos que contiene un Objeto del Tipo Tag.	102
Gráfico 56 Ventana de Cronometraje de Prueba Frame.	103
Gráfico 57 Ventana de Entrenamientos Anteriores y sus Funciones (Búsqueda, Carga y Guardado).....	104
Gráfico 58 Ventana de Desempeño del Atleta Dialog.....	105
Gráfico 59 Ventana Ver Detalles Dialog.	106
Gráfico 60 Configuración del Emulador RIFIDI Lector Alien 9800.	108
Gráfico 61 Conexión de Lector Emulado con la Aplicación.....	108
Gráfico 62 Registro de Atleta y Detección de Tag con el lector Emulado....	109
Gráfico 63 Base de datos tabla Entidad Atletas.....	109
Gráfico 64 Prueba de velocidad Simulada con el Emulador RIFIDI.....	110
Gráfico 65 Registro en Base de Datos Prueba Velocidad Simulada con el Emulador RIFIDI.....	110
Gráfico 66 Herramientas Utilizadas dentro de las Pruebas Reales del Prototipo.	111
Gráfico 67 Imágenes de Pruebas ubicación del Tag. Imagen de la Derecha: Ubicación del tag. Imagen de la Izquierda: Prueba Realizada	112
Gráfico 68 Lectura del Tag. Parte Superior del Brazo.	113
Gráfico 69 Prueba Ubicación del Tag. Parte Media del Brazo.....	114
Gráfico 70 Lectura del Tag. Parte Media del Brazo.	114
Gráfico 71 Prueba Ubicación del Tag. Parte Media de la Mano.	115
Gráfico 72 Lectura del Tag. Parte Media de la Mano.	116
Gráfico 73 Prueba de Ubicación del Tag. Tobillo del Atleta	116
Gráfico 74 Lectura del Tag. Tobillo del Atleta.....	117
Gráfico 75 Uso del Software Alien RFID Gateway. Tag Grid.....	118
Gráfico 76 Prueba Resistencia Emulada Perímetro	121
Gráfico 77 Resultados de Rendimiento Físico. Prueba de velocidad, Aplicación.	125
Gráfico 78 Resultados de Rendimiento Físico. Prueba de Habilidad, Aplicación.	126

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Características del estándar 802.11	18
Cuadro 2 Bandas de Frecuencia RFID.	29
Cuadro 3 Potencia de Transmisión por Rango de Frecuencia.	30
Cuadro 4 Clasificación de RFID según frecuencias de Trabajo y PIRE	33
Cuadro 5 Regulaciones de la Banda UHF.	34
Cuadro 6 Especificaciones de la norma EN 302 208.....	35
Cuadro 7 Estándares de pre requisito para EPC gen2.	39
Cuadro 8 Bandas de Frecuencias de Bluetooth	44
Cuadro 9 Clases de dispositivos Bluetooth en función de la Potencia.	45
Cuadro 10 Características de la Beaglebone Black	48
Cuadro 11 Características Raspberry Pi Modelo B	49

Cuadro 12 Cuadro de algunas placas Arduino	51
Cuadro 13 Resumen Características de Arduino Uno	52
Cuadro 14 Comparación de tecnologías para medir ritmo cardiaco.	64
Cuadro 15 Comparación de lectores RFID	67
Cuadro 16 valores de pérdidas en distintos tipos de cables y longitudes.	69
Cuadro 17 Distribución de Paquetes y Clases Aplicación de Rendimiento Físico.	77
Cuadro 18 Costos Aproximados Sistema RFID.....	86
Cuadro 19 Costo Aproximado de un Módulo de Detección de Ritmo Cardiaco	87
Cuadro 20 Datos Prueba Ubicación del Tag Parte Superior del Brazo.	113
Cuadro 21 Datos de la Prueba de Ubicación del Tag. Parte Media del Brazo.	114
Cuadro 22 Datos de Prueba Ubicación del Tag. Parte Media de la Mano.	115
Cuadro 23 Datos de Prueba de Ubicación de Tag. Tobillo del Atleta.	117
Cuadro 24 Resultados de la Prueba de Velocidad Emulada Individual.	120
Cuadro 25 Resultados Prueba Velocidad Emulada Simultánea.	121
Cuadro 26 Resultados Prueba de Resistencia Emulada.	122
Cuadro 27 Resultados Prueba de Habilidad Emulada Individual.	123
Cuadro 28 Resultados Prueba Habilidad Emulada Simultánea.....	123

INTRODUCCIÓN

La influencia del deporte en general en aspectos económicos, sociales culturales entre otros, hace que la práctica del mismo sea llevada a cabo al más alto y máximo nivel posible, para lograr esto, la formación de nuevos profesionales en el área con el máximo conocimiento para lograr el desarrollo óptimo en el atleta es de vital importancia. El personal de preparación deportiva tiene la capacidad de llevar estas cualidades a niveles superiores de un atleta, formando así un atleta de alto desempeño.

Para lograr el nivel máximo del atleta, el experto en la materia debe ser capaz de medir mediante rutinas específicas, parámetros que le permitan poder determinar el rendimiento físico, de esta forma aplicar entrenamientos para optimizarlo, y estar en una constante evaluación de cada atleta, con la finalidad de monitorear si existe o no, una evolución en sus cualidades como atleta, parámetros como velocidad, habilidad, resistencia, tiempo y ritmo cardiaco, son esenciales para poder dar una conclusión acerca del rendimiento físico. Estos parámetros medidos sin la tecnología y el factor humano del experto, traen como consecuencia una medición imprecisa, además de la imposibilidad de realizar estas mediciones a varios atletas de forma simultánea, y por supuesto el gasto de tiempo en anotaciones de todos los parámetros por cada jugador.

En busca de precisión y automatización de este proceso de medición de parámetros físicos, es donde este trabajo especial de grado busca brindar una solución factible, de bajo costo respecto a otras tecnologías y adaptable tanto para ambientes cerrados como al aire libre, y así permitirle a los preparadores físicos evaluar de forma simultánea y precisa el rendimiento de cada uno de los atletas que desee.

Durante el desarrollo del proyecto se propone un esquema de implementación sencillo que permita medir tiempos de un punto inicial a un punto final mediante el uso de *RFID*, y medir el ritmo cardiaco de cada atleta mientras realiza el ejercicio. En función de los tiempos obtenidos recorridos en distancias conocidas, es posible calcular parámetros como velocidad, potencia y resistencia de forma automática, precisa y simultánea. Unidos estos parámetros con las pulsaciones cardiacas, se

busca arrojar un resultado comparativo de varias sesiones de entrenamientos, para poder demostrar el avance en cuanto a rendimiento físico respecta.

En este proyecto se propone el diseño de un sistema de monitoreo físico para atletas de alto desempeño.

De esta manera, el presente trabajo de investigación queda estructurado de la siguiente forma; en el primer capítulo se redacta el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, acompañado de los objetivos, tanto general y específicos para poder lograr las metas del proyecto. El segundo capítulo hace mención al marco referencial, en este capítulo se presentan todos los conceptos dedicados al rendimiento físico, los parámetros para poder lograr la medición del mismo, y las distintas tecnologías que son aplicables para dar un resultado de la medición de forma automática y simultánea.

En el tercer capítulo se exhibe la metodología de investigación, desglosada en fases las cuales describen de manera detallada el progreso del trabajo y la forma en que fueron evolucionando cada una de ellas.

El cuarto capítulo expone de forma individual los resultados obtenidos durante cada una de las fases del tercer capítulo, se aprecia el análisis del sistema final junto con los resultados de las pruebas el análisis de las mismas.

Culminando con el capítulo V que refleja las conclusiones referentes a la investigación presentada y todas las recomendaciones derivadas al proyecto que relatan en las mejores prácticas para la implementación del proyecto así como consejos para futuras investigaciones relacionadas con el mismo.

I.- CAPÍTULO I

I.1.- Planteamiento del Problema

El avance de la tecnología ha permitido desarrollar dispositivos que permiten el monitoreo de forma automática, simultánea e inalámbrica, disminuyendo el tiempo en el que era empleado este monitoreo de forma manual e individual, logrando cosas como por ejemplo el control de diez mil atletas en una competencia de atletismo de forma simultánea, mostrando el tiempo realizado en cada uno de los tramos de la misma. Como otras cosas de interés, la ingeniería de telecomunicaciones logra llevar a cabo esta tarea, de forma inalámbrica, automatizada, rápida, segura y simultánea, es por esto que al momento de aplicar tecnología al deporte, las telecomunicaciones son la herramienta primordial para poder lograrlo.

El ámbito deportivo actual es tan competitivo que instituciones y organismos dedicados a este fin, se han visto en la necesidad de incrementar a un máximo nivel cada característica del atleta que genere el óptimo desempeño en las diversas disciplinas deportivas, formando lo que hoy día conocemos como atletas de alto rendimiento. La característica primordial a mejorar en un atleta es su condición física, esto se logra implementando rutinas de ejercicios específicas que son aplicadas por especialistas en el área, dichas rutinas poseen diversos parámetros que son esenciales para esta mejora, los cuales son medidos por el especialista a cada uno de los atletas, llevando de forma individual un control y registro de los mismos.

Cuando se realizan estas mediciones a un número mayor de atletas, en el caso de los deportes colectivos, la tarea del especialista físico se ve en la dificultad del factor tiempo y de la imprecisión humana al momento de llevar a cabo la medición, de modo que es notable que dicha medición es imprecisa dado que requiere de mucha atención y tiempo por parte del especialista, lo cual conlleva a cometer fallas por las causas nombradas anteriormente.

Conocidos estos aspectos que afectan negativamente la tarea del especialista que es en concreto medir el comportamiento del rendimiento físico del atleta, para llevar este rendimiento a un nivel máximo y así convertir a la persona en un deportista de alto desempeño, se pueden mejorar dichos aspectos haciendo mediciones de forma

automatizada y simultánea, logrando como consecuencia una disminución del error en comparación al que se genera cuando lo mide un ser humano, y consiguiendo un menor tiempo de medición realizado por el especialista.

El propósito de esta investigación es diseñar un prototipo que permita solventar esta problemática, para lograr una medición de forma automática, inalámbrica y fiable en cuanto al margen de error, permitiendo al especialista medir de forma simultánea, los parámetros que son importantes para determinar una magnitud que indique el rendimiento físico en cierta sesión de ejercicios.

I.2.- Objetivos de la Investigación

I.2.1.- Objetivo General:

Proponer un prototipo que permita monitorear el rendimiento físico en atletas de alto desempeño.

I.2.2.- Objetivos Específicos:

1. Analizar que tecnología Inalámbrica es la más adecuada a los requerimientos técnicos para la presente investigación.
2. Determinar los componentes electrónicos que conformaran el módulo de medición de ritmo cardiaco.
3. Diseñar un módulo electrónico que reciba y almacene la información emitida por el sensor de frecuencia cardíaca y que eventualmente la transmita a través de tecnología Inalámbrica.
4. Determinar el arreglo de la tecnología inalámbrica seleccionada mediante el posicionamiento estratégico de las antenas de recepción, para el cálculo de los parámetros del rendimiento físico: velocidad, potencia y resistencia.
5. Diseñar el *software* que permita realizar los cálculos de los parámetros del rendimiento físico.
6. Diseñar una interfaz gráfica que permita mostrar los resultados calculados del rendimiento físico, para su interpretación por parte del especialista.
7. Realizar pruebas de rendimiento físico emulando sesiones de entrenamiento reales haciendo uso del sistema completo.

I.3.- Alcances y Limitaciones

Este trabajo de grado abarca la construcción de un sistema completo basado en tecnología inalámbrica, que mida tiempos en puntos específicos en conjunto con un sensor de ritmo cardiaco inalámbrico que almacena la información de las pulsaciones por medio de Arduino, para luego recibir todos estos datos, hacer cálculos pertinentes para obtener el rendimiento físico y posteriormente mostrarlo en una interfaz amigable.

Cada antena va recibiendo el tiempo de manera automática, cada vez que el atleta atraviesa frente a ella, de modo que al recibir la información en tres antenas ubicadas de manera estratégica, y junto al ritmo cardiaco es posible calcular los parámetros de rendimiento físico para esa sesión de entrenamiento, una vez cumplidas varias sesiones de entrenamientos, se realiza una comparación entre la primera y última sesión para poder determinar si el atleta tuvo o no una mejora en su desempeño en un periodo de entrenamiento determinado.

Finalmente, con este trabajo se busca disminuir la carga de trabajo del preparador físico, así como aumentar la precisión de las mediciones que el realiza en cada una de las pruebas de rendimiento físico, hacerlas de forma automática, teniendo un registro de cada una de las sesiones, hacer comparaciones antes y después de un módulo de entrenamiento, para saber si hubo o no avances respecto al rendimiento.

Las limitaciones para llevar a cabo este proyecto, se centran en dos puntos claves: el sistema completo de medición, y las pruebas de medición una vez que el sistema esté en completo funcionamiento. Con relación al primer punto, se sabe que, la situación actual que vive el país, respecto a la adquisición de divisas es un factor negativo que podría afectar la llegada de los equipos de la tecnología inalámbrica a implementar, a tal punto que no lleguen en el tiempo estimado y no se puedan hacer las pruebas con los atletas.

El otro punto importante son las pruebas, las cuales tienen como limitante principal el clima, dado que algunos equipos del sistema no son resistentes al agua, ni tampoco un ambiente de lluvia es el más óptimo para medir los factores del rendimiento físico, como también la dependencia de un grupo de atletas a la hora de realizar las pruebas con la mayor disposición y entrega posible en cada uno de las pruebas, es de vital importancia que el atleta se encuentre en la mejor forma en

ciertas condiciones esenciales tales como: comodidad, sobriedad, fatiga mínima, entre otros factores, que no dependen directamente en el experimento, pero si podría verse afectadas algunas pruebas en las que se hagan presentes alguna de estas condiciones en su peor forma.

I.4.- Justificación

El presente trabajo de investigación está planteado para mejorar el sistema de medición de rendimiento en los atletas de alto desempeño hoy en día, con el uso tecnologías inalámbricas que permiten censar de forma automática, eficaz y simultánea, los parámetros necesarios para lograr dicha medición.

Obtener esta información y datos de la forma más óptima es una necesidad de todo plantel u organización deportiva que contenga atletas de alta competencia, para poder llevar al máximo nivel su capacidad física y lograr los mejores resultados en las competencias deportivas. El poder automatizar las rutinas que involucran la medición del rendimiento físico le da más facilidades a los entrenadores encargados de dicha tarea, pudiendo llevar un control de cada uno de los datos de los atletas en forma directa al ordenador, realizando las pruebas con varios deportistas al mismo tiempo, reduciendo el tiempo de trabajo del entrenador y el posible error que pueda cometer a la hora de realizar un chequeo de tiempo o de transmitir la información de forma manual, mediante el uso de la tecnología es posible realizar chequeos de tiempos con solo pasar por un punto de control en alguna rutina de ejercicios, como también es posible hacerlo con varios deportistas, al mismo tiempo que se va monitoreando el ritmo cardiaco para luego ser sincronizado con la información de los tiempos detectados en los puntos de control. Esto gracias a la tecnología de identificación por radiofrecuencia.

Con este sistema es posible calcular la velocidad, habilidad y resistencia del atleta junto con la información cardiaca tomada simultáneamente, haciendo uso de comparación de rutinas se logra obtener una respuesta acerca del incremento o descenso del rendimiento físico del atleta.

II.- CAPÍTULO II

II.1.- Antecedentes de la Investigación

En este proyecto de investigación se pretenden tocar ciertos conceptos, teorías y conocimientos que se han utilizado en otros trabajos, los cuales serán de gran utilidad para determinar algunos tópicos que poseen gran relevancia dentro del presente estudio; por tal motivo se consideran los siguientes antecedentes investigativos de los cuales nos apoyaremos para el desarrollo del presente trabajo.

Duro J., Ruz M., Higuera A., y otros (2005), realizaron el trabajo de investigación titulado “BIOSENSORES PARA MEDICINA DEPORTIVA MEDIANTE TECNOLOGÍA *RFID* APLICADOS EN EL ENTRENAMIENTO DE ALTO RENDIMIENTO”, en él se presenta una solución adaptada especialmente a la adquisición de parámetros biológicos y fisiológicos utilizados en deportistas de élite. Se trata de pequeños biosensores portátiles que permiten captar con transponders especializados activos y pasivos, el estado de las diferentes señales que se modifican y cuya evolución es necesario conocer durante cualquier actividad física. Los datos capturados pueden ser enviados a un sistema informático para un posterior análisis y tratamiento una vez que el deportista se encuentre dentro de la zona captada por la antena *RFID* capaz de leer la información suministrada por el tag, realizando el registro de dichos datos.

De igual manera Amuchastegui C, Ayuso N, Álvarez G, y otros (2007), desarrollaron la investigación titulada “SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN REMOTA Y CRONOMETRAJE BASADO EN LÓGICA RECONFIGURABLE”, dicho trabajo presenta una parte un sistema de puntuación para eventos deportivos. El sistema completo incluye puntuaciones remotas de jueces, identificación remota de participantes y asignación de tiempos mediante tecnología *RFID* con tratamiento de datos en tiempo real utilizando tecnología inalámbrica e *Internet*. Con este sistema se consigue minimizar el factor humano como fuente de errores y además permite disponer en tiempo real de los resultados definitivos de la prueba. La parte del sistema que aquí se presenta corresponde al sistema de identificación remota de participantes y asignación de tiempos mediante tecnología *RFID*. En este sistema se utiliza una FPGA para sincronizar todos los módulos de *RFID*, almacenar el

identificador de cada participante con su tiempo de paso y para enviar todos estos datos de forma segura a un servidor vía RS232 o RF.

Como último antecedente de investigación, en el propio campus universitario, Adrianza L y Martínez D. (2014), realizaron su trabajo especial de grado en la Universidad Católica Andrés Bello titulado: “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE SIGNOS VITALES EN MARATONES EN VENEZUELA MEDIANTE EL USO DE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS”, esta reciente investigación trata acerca de la aplicación de redes de sensores inalámbricos para monitorear signos vitales de atletas, específicamente maratonistas, logrando monitorizar la oxigenación de la sangre, el pulso y la actividad cardiaca por medio de una tarjeta multiparamétrica. Esta tarjeta utiliza sensores conectados al atleta a medida que realiza el ejercicio, adicionalmente este sistema logra determinar la ubicación del atleta gracias a la interacción de un dispositivo móvil Android y el sistema de posicionamiento global GPS, toda esta trama de información es enviada por medio de un arreglo de sensores inalámbricos, utilizando tecnología Zigbee, y son recibidos, analizados y pueden ser visualizados por el usuario a través de una página web programada en PHP y HTML.

Dichos trabajos de investigación arrojan ciertos conceptos y soluciones planteadas a problemáticas que se relacionan a la que contiene el presente trabajo, dando a conocer lo importante que es hoy en día el monitoreo del rendimiento físico en atletas, así como también relacionando la tecnología al deporte de manera tal de automatizar los mecanismos que se emplean actualmente para la medición de tiempos y obtención de parámetros que determinen el rendimiento físico de un atleta. También son de gran aporte para identificar las tecnologías que se han utilizado para diversos fines deportivos.

II.2.- Marco Referencial

II.2.1.- Rendimiento Físico

El rendimiento físico se refiere a la capacidad de realización de actividades físicas determinadas con el mayor desempeño y el menor gasto energético posible,

en función de las expectativas que se quieran alcanzar. No es una magnitud que tenga unidades o es un simple valor el cual tiene un significado, es un término que depende de diferentes factores, por lo tanto para poder medirlo es necesario el análisis de una serie de parámetros; los cuales en conjunto con su debida interpretación dan pie a realizar conclusiones acerca del estado físico del atleta.

La forma de medir estos parámetros se hacen mediante los test de valoración deportiva, son múltiples ejercicios que son aplicados en intervalos de tiempo a conveniencia del entrenador, tiempo que puede variar en días, semanas y meses de forma periódica. Estos test se realizan en un ambiente controlado, siguiendo una serie de reglas y normas que simulan el ejercicio físico específico (Pérez). Existen variados test de valoración de rendimiento deportivo para distintos parámetros en específico y dentro de ellos hay varias formas de medir dichos parámetros. La clasificación de los test se dividen en:

1. Test de resistencia: el cual se divide en resistencia aeróbica y resistencia anaeróbica.
2. Test de fuerza: que se divide en Test de valoración de la carga y Test de valoración de la carga en función de la velocidad.
3. Test de velocidad: es el más variado, está comprendido por distintas pruebas como test de tiempo de reacción específico, test de tiempo de reacción inespecífica, test de velocidad segmentaria de piernas, test de capacidad de aceleración en desplazamiento global, test de velocidad máxima, test de velocidad de resistencia.
4. Test de flexibilidad: comprende el test de flexibilidad general y el test de valoración del volumen del entrenamiento.

En la preparación del deportista intervienen: los medios, métodos y factores que propician alcanzar altos resultados competitivos a través de la conducción de los componentes de la preparación física, preparación técnica, preparación táctica, preparación psicológica y teórica. (Manual para el Entrenador, Capítulo 7).

Cada componente de la preparación posee tareas específicas para su desarrollo, en éste caso mostraremos las de preparación física, las cuales son:

1. Perfeccionamiento de las fases integrales del movimiento.

2. Desarrollo de las capacidades motrices especiales (deporte específico)

La primera tarea se corresponde con la garantía que le aporta la preparación física, al desarrollo de las diferentes habilidades motrices específicas. La segunda tarea se relaciona con el desarrollo de las capacidades físicas específicas, que se relacionan con la actividad deportiva. En el deporte estas capacidades se manifiestan a través de los parámetros de rendimiento físico. (Manual para el Entrenador, Capítulo 7).

La preparación física se caracteriza por el desarrollo de las diferentes capacidades motrices fundamentales, reconociendo a estas como:

1. Fuerza: Tensión que pueden desarrollar los músculos durante una contracción.
2. Rapidez: Posibilidad de realizar determinadas tareas motrices en situaciones específicas en una unidad de tiempo mínima o en una máxima frecuencia.
3. Resistencia: Capacidad del organismo de realizar una actividad física sin que disminuya su efectividad (adaptación al trabajo).
4. Agilidad: Capacidad de realizar una tarea motriz de forma tal que durante la trayectoria del cuerpo o de sus partes, el movimiento se realice en el tiempo específico y dinámica estructural más efectiva.
5. Movilidad: Capacidad del hombre de ejecutar movimientos con una gran amplitud de oscilaciones, La amplitud máxima del movimiento es, por tanto, la medida de la movilidad.

II.2.1.1.- Parámetros de Rendimiento Físico

La medición del rendimiento físico se basa en diversos parámetros; estos enlazados con un factor muy importante que sería el ritmo cardiaco, bajo un circuito de entrenamiento específico se miden tiempos y distancias, con el uso apropiado de esta información se obtienen los distintos parámetros que arrojan el rendimiento físico de un atleta.

Además para conocer lo que son estos factores, se necesita saber qué papel juega cada uno en el deporte o en los deportes que se practiquen. Tal conocimiento es el primer paso en el desarrollo de un programa de adiestramiento apropiado. (Manual para el Entrenador, Capítulo 7).

II.2.1.1.1.- Fuerza

Se refiere a la capacidad para vencer una resistencia u oposición. La fuerza explosiva se refiere a la capacidad para ejercer una fuerza, más que en distancia, en un tiempo corto. En el deporte, la fuerza-velocidad se refiere a la combinación de velocidad y fuerza, es decir, fuerza explosiva.

II.2.1.1.2.- Rapidez

Se refiere a la velocidad máxima de contracción muscular. Cada deporte requiere de combinaciones diferentes de fuerza y velocidad. Los programas de adiestramiento deben desarrollar la combinación específica que se requiere en cada deporte. Cualquier entrenamiento de fuerza que hagan los participantes, debe proporcionar el desarrollo equilibrado de ambos músculos de cualquier par.

II.2.1.1.3.- Movilidad

El concepto de movilidad hace referencia a la amplitud del movimiento articular (flexibilidad) y a la elasticidad de músculos y tendones (elongación). Existen tres tipos de movilidad en el deporte:

Movilidad Activa Dinámica

Rango de movimiento en una contracción muscular fuerte y rápida. Ejemplos de esta movilidad son el salto de obstáculos con la flexión de cadera y en natación, la extensión del hombro.

Movilidad Activa Estática

Rango de movimiento en la actividad muscular lenta y controlada. Los gimnastas al voltear hacia atrás requieren este tipo de movilidad.

Movilidad Pasiva

Rango de movimiento requerido cuando una fuerza externa se aplica. Muchos movimientos de lucha requieren movilidad pasiva.

En cualquiera de estos tipos, el grado de movilidad es específico a la articulación involucrada. Además, ciertos factores estructurales (músculo, cubierta del músculo, los tendones, cápsula articular, ligamentos y estructura ósea) pueden limitar el rango de movimiento de una articulación.

A pesar de estas limitaciones estructurales, casi siempre es posible para los participantes mejorar su movilidad estirando músculos, tendones y envoltura del músculo. El estiramiento apropiado tiene muchos beneficios, incluyendo mejorar el desempeño y disminuir el riesgo de una lesión. (Manual para el Entrenador, Capítulo 7).

II.2.1.1.4.- Ritmo Cardíaco

El ritmo cardíaco es el período armónico de latidos cardíacos formado por los sonidos de Korotkoff, El corazón latirá durante la sístole, que es la contracción del corazón para impulsar sangre (primer sonido de Korotkoff) y durante la diástole (relajación del corazón que permite que se vuelva a llenar de sangre para la sístole (segundo sonido de Korotkoff). (Ecured, s.f.).

Otra definición más simplificada es la que ofrece la doctora A. Lifshitz, donde define que el ritmo o pulso cardíaco es la velocidad en la que el corazón palpita para bombear sangre a todas las partes del cuerpo, es posible sentir el pulso a través de los vasos sanguíneos que posee el cuerpo humano ubicados en la superficie de la piel. (A. Lifshitz, 2009)

Cabe destacar que si ambos ruidos no son armónicos, o sea, no se dan con periodicidad, no habrá ritmo cardíaco o lo que habrá es arritmia cardíaca, que es la alteración en la frecuencia cardíaca, ya sea porque la misma se acelera, se torna irregular o directamente disminuye.

La denominación de Korotkoff es la consecuencia de un homenaje a su descubridor, el médico ruso Nikolai Korotkoff, quien los describió en el año 1905 mientras trabajaba en la Academia Médica Imperial.

El pulso cardíaco está ligado directamente a la determinación del rendimiento físico, toda actividad deportiva requiere de un desgaste motriz en el cual el corazón va a trabajar a una mayor velocidad mientras todos los músculos del cuerpo se encuentren agitados o en pleno ejercicio, una persona adulta posee en reposo un pulso cardíaco que oscila entre las 60 y 100 pulsaciones, mientras que las de un atleta de alto rendimiento se encuentran entre 40 o 60, cuando el atleta se encuentra en una actividad física que requiere mayor esfuerzo de parte del corazón, su pulso

cardíaco va ir en aumento, ubicándose en algún momento de plena actividad en un valor igual al de una persona en reposo, este fenómeno es la explicación por la cual un atleta de alta competencia posee más resistencia que una persona normal, sus pulsaciones en reposo son inferiores por lo tanto van a tardar más tiempo en llegar a su estado máximo en el cual la persona sufre de cansancio que el de una persona normal, al tardar más tiempo quiere decir que el ejercicio lo puede cumplir en más tiempo que otra persona, lo que directamente se traduce en mayor resistencia.

II.2.2.- Detección del ritmo cardíaco

La detección del ritmo cardíaco se realiza mediante las variaciones de corriente cardíacas en función del tiempo, el Electrocardiograma (ECG), es una manifestación gráfica de este comportamiento, la cual es una técnica no invasiva, esto quiere decir que no utiliza técnicas médicas que invaden el cuerpo con el fin de obtener información del mismo o de algún área específica, la cual permite explorar el sistema cardiovascular humano lo suficiente como para actividades en particular como en el deporte por ejemplo.

Para construir la gráfica visual del ECG, hay que conocer el comportamiento básico en materia eléctrica del corazón. El Miocardio o tejido muscular del corazón, es el musculo encargado de bombear la sangre por el sistema circulatorio mediante contracciones, este musculo a su vez está compuesto por variados músculos que se excitan con una pequeña corriente eléctrica que es generada por iones almacenados en el fluido intra y extra celular. Traduciendo esto a materia eléctrica, se refiere a la parte positiva y negativa de la diferencia de potencial eléctrico, esta corriente eléctrica genera pulsos que se registran en el Electrocardiógrafo, el cual es mal conocido como electrocardiograma. (Molina, s.f.)

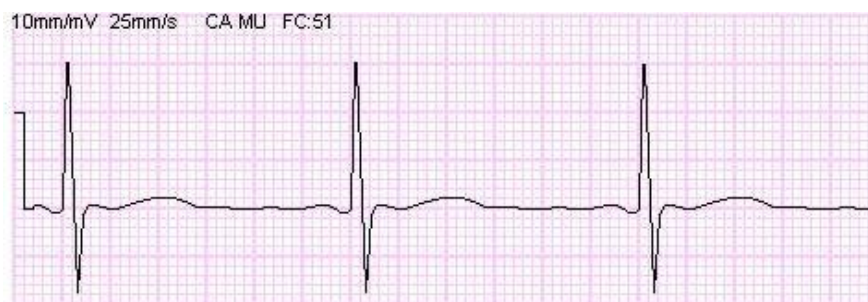


Gráfico 1 Electrocardiógrafo.
Tomado de (Universidad tecnológica de Pereira, 2007).

El registro del electrocardiograma es el electrocardiógrafo, como se observa en el gráfico 1, son apreciables un conjunto de ondas que poseen intervalos que hacen referencia a la despolarización y repolarización auricular y ventricular, lo que indica la conducción de pulsos eléctricos a través del corazón, si esta imagen es llevada a un plano XY, el plano X representa el tiempo en milisegundos, mientras que el plano Y representa la tensión eléctrica en milivoltios. Este recorrido obedece el comportamiento de los pulsos eléctricos que contraen las diferentes partes del corazón para bombear la sangre, este comportamiento puede ser medido en relación al ritmo del pulso, el ritmo del pulso puede ser tomado en distintos vasos sanguíneos de la persona, los más comunes son en las muñecas, cuello o pecho, específicamente para los deportistas el pecho es el lugar más utilizado, el ritmo del pulso por consiguiente es la medida de la frecuencia cardiaca, que conlleva a indicar el ritmo del corazón.

La detección del ritmo cardiaco de forma electrónica, se resume en saber cuáles son los elementos del electrocardiograma necesarios para lograr este cometido.

El ritmo cardiaco es analizado en el ECG por medio del complejo QRS, que no es más que la representación gráfica de la despolarización de los ventrículos del corazón, en palabras simples, es el que determina el número de veces que el corazón realiza la diástole y la sístole, por lo tanto si se logra capturar el momento en que ocurre el complejo QRS y compararlo entre cada uno de los latidos, es posible arrojar un resultado de la frecuencia cardiaca.

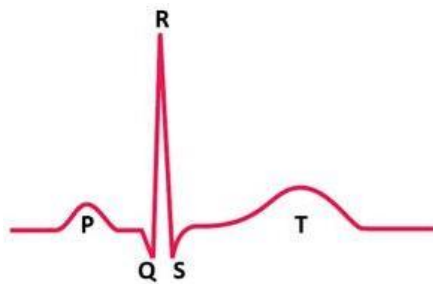


Gráfico 2 Complejo QRS
Tomado de (Fisiopatología texto y atlas, S Lang 2009).

II.2.2.1.- Circuito detector de complejo QRS

Observando el complejo QRS, y conociendo que las pulsaciones del corazón se encuentran en el orden de los milivoltios, se seleccionan los componentes

necesarios en función de toda la información referente al comportamiento del corazón, el grafico 3 contiene un diagrama de bloques de los componentes del circuito que detecta el complejo QRS.

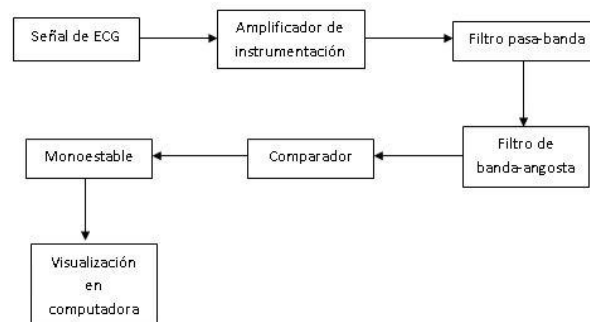


Gráfico 3 Diagrama de bloques de circuito detector QRS.
Tomado de (R. Antillon, J Reyes).

Este circuito permite obtener los valores del ECG necesarios para luego realizar un procesamiento de estos datos en función de la variación de tiempo entre cada latido, para poder determinar el ritmo por minuto (RPM), un circuito valido para la medición del ritmo cardiaco es el representado en el grafico 4.

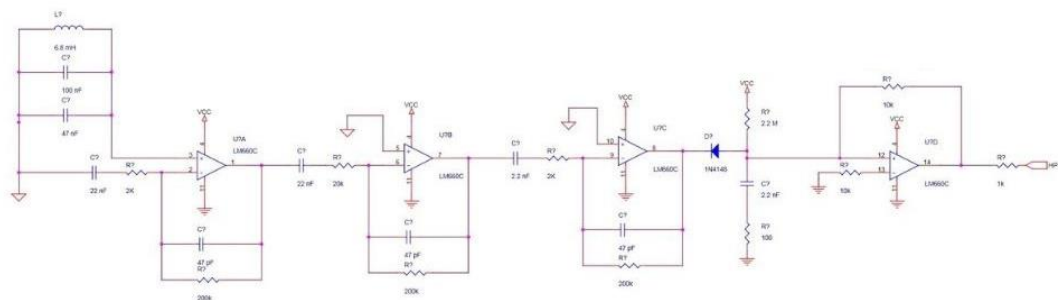


Gráfico 4 Circuito detector QRS
(Fuente propia).

Cuando el ECG atraviesa el circuito del grafico 4, ya está listo para ser analizado por un procesador de datos que posee un algoritmo especializado en este tipo de variables, que logra medir el RPM de la persona por el tiempo que hay entre cada latido del corazón, los latidos del corazón son representados por el complejo QRS, pero este complejo posee elementos que el procesador no es capaz de analizar, por esto es que el circuito se encarga de llevar el complejo QRS a pulsos de nivel, valores que el procesador es capaz de analizar. (Antillón & Reyes)

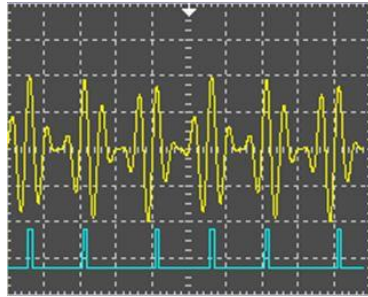


Gráfico 5 Señal ECG de entrada y complejo QRS obtenido de salida.
Tomado de (R. Antillon, J Reyes).

De este modo es posible medir la frecuencia cardiaca de forma electrónica, haciendo un análisis del comportamiento del corazón a nivel eléctrico, analizando la gráfica arrojada de este comportamiento que lleva por nombre ECG, luego obteniendo los valores necesarios del mismo para analizar la frecuencia cardiaca con un circuito que filtra, suprime y selecciona los picos del complejo QRS, que gracias a esta forma de onda es que se puede obtener los valores RPM, comparando los latidos entre unos y otros, luego esta información es enviada a un procesador que se encarga de realizar esta comparación y arrojar el valor RPM para el caso indicado en número decimal.

II.2.3.- Medición del Rendimiento Físico

El rendimiento físico no es una magnitud o variable que se pueda expresar como un resultado numérico tácito, depende de los parámetros nombrados anteriormente, R. Nadal apunta que se puede dar un resultado del progreso o evolución del rendimiento físico de un atleta, haciendo rutinas de ejercicios pertinentes para cada parámetro, luego en un periodo de tiempo determinado, repetir exactamente la misma sesión de prueba para cada una de las variables, y por medio de comparación entre sesiones es posible dar un resultado del rendimiento físico. (R. Nadal, entrevista personal, septiembre 9,2013).

Por lo tanto, la medición del rendimiento físico va a depender directamente de las mediciones de sus parámetros, haciendo comparaciones de los resultados medidos es posible arrojar un resultado de si hubo o no un progreso en el rendimiento del atleta.

II.2.3.1.1.- Medición de la Velocidad

La velocidad en términos de atletismo puede ser expresada como se mide la rapidez en el ámbito de la física y el análisis del movimiento de un objeto. La rapidez de un móvil será equivalente al cociente de la distancia recorrida por el mismo, entre el tiempo que tardó en hacer el recorrido, por lo tanto para medir la velocidad de un deportista, el entrenador se limita a medir el tiempo en que tarda de ir de un punto a otro, donde la distancia viene dada por la posición inicial y final en la que se mide dicho tiempo.

Para determinar una mejora de la velocidad de un atleta usando el método comparativo, se realiza observando si los tiempos recorridos en una distancia constante conocida, disminuyen o aumentan respecto a otras sesiones de entrenamiento. La diferencia entre una sesión y otra determina el progreso o descenso de dicho parámetro.

II.2.3.1.2.- Medición de la Resistencia

La resistencia es un parámetro que puede ser medido en comparación a la mejora o desmejora de la distancia recorrida por un atleta en un tiempo fijo. Cuando en una sesión de entrenamiento en la cual el tiempo del ejercicio es fijo, si el deportista logra una marca inferior a la de la sesión anterior, hay un aumento de la resistencia del atleta.

Por lo tanto, medir la resistencia se reduce únicamente a medir la distancia recorrida por el atleta en un tiempo determinado, el aumento de la resistencia del individuo se aprecia comparando las distancias que se lograron recorrer en distintas sesiones de prueba y verificar si esta distancia recorrida aumentó.

II.2.3.1.3.- Medición de la Potencia

La potencia es un factor que puede ser medido en el tiempo en que tarda en reaccionar el individuo a una situación determinada, bien sea reaccionar al silbido de un pito, al sonido de una pistola, o cualquier elemento que denote un punto de arranque para la persona, mientras el tiempo de reacción del deportista sea menor de acuerdo a sesiones anteriores, es evidente un aumento de la potencia del jugador.

II.2.3.1.4.- Medición de la habilidad

La prueba de habilidad busca medir la capacidad anaeróbica del atleta, lo cual es una combinación de velocidad con resistencia, la capacidad de acción y reacción en un tiempo determinado si se ve disminuida, es indicativo de que el atleta posee un aumento en su habilidad. La sesión de entrenamiento más común para poder arrojar un resultado de esta característica es la “carrera suicida”, la cual consiste en un tramo de carrera el cual posee puntos intermedios, e ir tocando cada uno de estos puntos y retornar al punto inicial de manera sucesiva. Si una pista de prueba suicida posee tres puntos: a) inicial, b) medio, c) final, la prueba suicida es realizada por el atleta corriendo al punto medio con retorno al punto inicial, corriendo al punto final con retorno al punto inicial, y finalmente corriendo desde el punto inicial sobrepasando el punto final a máxima velocidad.

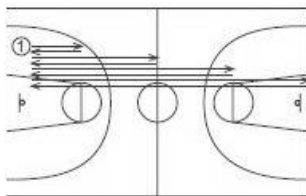


Gráfico 6 Prueba anaeróbica conocida como "suicida".
Tomado de (www.altorendimiento.com)

II.2.4.- Tecnologías Inalámbricas

Son las tecnologías que logran la transmisión de datos mediante ondas electromagnéticas, utilizando como medio de transmisión el espacio, por lo que no existen dispositivos físicos que interactúen en el proceso de comunicación salvo lo que serían antenas, transmisores, receptores, dispositivos móviles y otros. En la actualidad, cualquier dispositivo móvil, ya sea *Smartphone* o *Tablet*, posee los elementos de *hardware* capaces de comunicarse de manera inalámbrica, si bien es cierto que la transmisión de datos es un poco más lenta, las bondades que poseen los sistemas inalámbricos con respecto a la gran movilidad que brindan han llevado dichos sistemas a el incremento acelerado de su uso. (Despliegue de tecnologías Inalámbricas, Unidad 8).

Las redes inalámbricas poseen cada vez mayor presencia en distintos ámbitos, en el hogar, en la empresa, en telefonía entre otras aplicaciones, cada una posee sus

características con respecto al alcance de las redes, los tipos de datos y velocidad que se necesitara para la transmisión. En el grafico 7 se puede apreciar ciertas clasificaciones que poseen las redes inalámbricas.

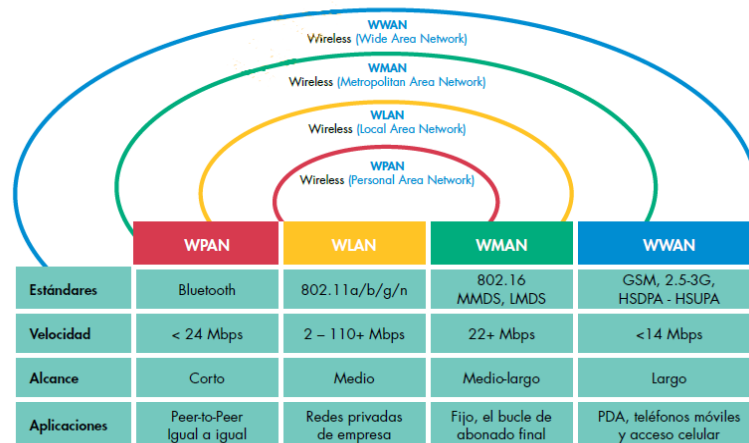


Gráfico 7 Clasificación de Redes Inalámbricas.
Tomado de (Despliegue de Tecnologías Inalámbricas, s.f.).

Algunas de las tecnologías Inalámbricas más usadas actualmente y de las cuales se presentaran los aspectos más resaltantes son:

1. *RFID (Radio Frequency Identification).*
2. Bluetooth.
3. *Wi-Fi.*
4. Zigbee.

II.2.4.1.- Tecnología Wi-Fi

Tecnología inalámbrica que se rige bajo el estándar de la *IEEE 802.11*, característico de las redes *WLAN*. <<Wi-Fi es una tecnología de redes de área local inalámbricas de paquetes no guiados basados en la transmisión de la señal por ondas electromagnéticas de radio en torno a los 2,4 GHz a los 5 GHz>> (Despliegue de tecnologías Inalámbricas, Unidad 8). Su nombre indica fidelidad inalámbrica, el estándar 802.11 trabaja a nivel físico de distintas maneras (tanenbaum, 2003), existen distintas técnicas de transmisión permitidas para los estándar 802.11a, 802.11b y 802.11g, cada una trabaja con las técnicas de *OFDM*, *HR-DSSS* y *OFDM* respectivamente, logrando así una diferencia en las características que posee *Wi-Fi* dependiendo de la técnica de transmisión que se emplee, ahora bien cada estándar

puede diferenciar en la velocidad de transmisión y dependiendo de cuál sea varían en la frecuencia de trabajo (ver Cuadro 1).

Estándar	Velocidad de Transmisión (Teórica)	Velocidad de Transmisión (Practica)	Banda de Frecuencia
IEEE 802.11a	54 Mbps	22 Mbps	5 GHz
IEEE 802.11b	11 Mbps	6 Mbps	2,4 GHz
IEEE 802.11g	54 Mbps	22 Mbps	2,4 GHz

Cuadro 1 Características del estándar 802.11

Nota. Datos tomados de (Tanenbaum, 2003). Cuadro elaborado por los autores.

II.2.4.2.- Tecnología Zigbee

Tecnología inalámbrica que se rige bajo el estándar *IEEE 802.15.4*, <<de las ultimas en aparecer para cubrir un hueco de la gama de (costo más bajo) de estas tecnologías>>, (Despliegue de tecnologías Inalámbricas, Unidad 8); ofrece redes malladas en forma reducida, baja velocidad de datos (hasta 250 Kbps), pero sobre todas estas características la más resaltante es la larga duración de la batería, que le da una autonomía a este tecnología de hasta 5 años. Se mantienen bajo el concepto de redes inalámbricas de área personal, por lo que abarcan desde 1 m a 100m según sea el caso, la banda de frecuencias donde trabaja Zigbee es conocida como la banda *ISM*, usada para fines industriales, científicos y médicos.

Un dispositivo Zigbee estaría formado por <<una radio según el estándar 802.15.4 conectada a un microcontrolador con la pila (*stack*) de Zigbee, donde se implementan las capas por encima de las del 802.15.4. Esta pila está diseñada para poder ser implementada en microcontroladores de 8 bits>> (Ignacio Vidri Salgado, 2011), dicha tecnología se ha alzado en la aplicación de la domótica ya que sus características se adaptan perfectamente a los requerimientos de la misma, por su larga duración y compatibilidad entre dispositivos.

II.2.4.3.- RFID (Radio Frequency Identification)

<<Un sistema de *RFID* (*Radio Frequency Identification*) es la tecnología inalámbrica que nos permite, básicamente, la comunicación entre un lector y una

etiqueta. Estos sistemas permiten almacenar información en sus etiquetas mediante comunicaciones de radiofrecuencia>> (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005).

La tecnología *RFID* surgió gracias a una aplicación militar en el año 1920 creada por el *MIT* y mayormente usada por los británicos en la segunda guerra mundial, con el fin de identificar aviones enemigos o del mismo bando.

Los sistemas de *RFID* no son del todo nuevos, aparecen en los años 80 en sistemas de identificación, pero sí es cierto que actualmente están recibiendo una especial atención en muchos campos de la industria, lo que permite grandes avances en esta tecnología. Por ese motivo aparecen continuos estándares, aplicaciones e innovaciones.

En un sistema *RFID*, se hace una integración de una etiqueta con un pequeño chip de silicio y una antena; el chip y la antena, conforman lo que se conoce como *tag* o *transponder*.



Gráfico 8 Comparación de una antena con una moneda de 10 centavos de dólar.
Tomado de (Applied Digital, s.f.).

Este chip es escaneado por un lector, dicho lector puede ser fijo o móvil, a través de ondas de radio frecuencia, término mejor conocido por su significado en inglés: *Radio Frequency* (RF).

Dentro del chip se podrá grabar información, que posee la característica de ser única, esto se conoce como *tagID*, permitiendo al lector identificar de forma única cada elemento que contenga el tag, es necesario que un lector *RFID* escanee las etiquetas, extraiga la información contenida en ellas y la pase a una base de datos que la interprete. El *Tag*, el lector *RFID* y la base de datos, son los componentes o elementos básicos de un sistema *RFID*. (V. Candel, 2006).

II.2.4.3.1.- Ventajas y Desventajas de un Sistema RFID.

Los sistemas *RFID* poseen una ventaja importante en cuanto a la interacción entre el lector y el tag, puede funcionar sin una línea de vista definida o en otras palabras, sin visibilidad directa entre el lector y el tag, esta tecnología, directamente

aplicada en la identificación de objetos, es la principal tecnología rival del código de barras. El código de barras es un sistema de identificación en el cual el lector debe tener línea de vista directa con el código, una debilidad del código de barras que no posee *RFID* es que su información una vez que es grabada en el código no puede ser editada, mientras que la información de los *TagsID* pueden ser cambiados a conveniencia del usuario, sin embargo, esto tiene una consecuencia, el uso de la tecnología implica costos, y es ahí donde la tecnología *RFID* no ha podido desplazar al código de barras en su totalidad, en aplicaciones sencillas de identificación el código de barras sigue dominando el mercado. En las aplicaciones donde el código de barras y la tecnología óptica es más limitada y no resultan óptimos, es donde la tecnología *RFID* ha aportado una solución y su crecimiento ha sido más notorio. (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005).

II.2.4.3.2.- Componentes de un Sistema RFID

Un sistema *RFID* incluye los siguientes componentes:

1. Chip: normalmente hecho de silicio, contiene información del artículo al cual está unido. (V. Candel, 2006).
2. Antena: usada para transmitir las señales de RF entre el lector y el dispositivo *RFID*. (V. Candel, 2006).
3. Transponder: es el conjunto del chip más antena, también conocido como *Tag* o etiqueta (B. Glover, H. Bhat, 2006).
4. Lector o módulo digital: el cual recibe las transmisiones RF desde el dispositivo *RFID* y proporciona los datos al sistema servidor para su procesamiento.

Chip

Contiene la información única del producto o elemento al cual está unido, posee un *electronic product code (EPC)*, que en español significa código electrónico de producto, es el equivalente electrónico al código de barras que se encuentra en los productos, denominado *universal product code (UPC)*. Este chip es encriptado con un código de identificación único y es posible leerlo por medio de radiofrecuencia, sin necesidad de una línea de vista como lo requiere el código de barras. (V. Candel, 2006).

Antena

La antena en unión a chip logra la transmisión de información hacia el lector *RFID*, cuanto mayor es el tamaño de la antena mayor será el rango de lectura o la distancia de identificación. (V. Candel, 2006). Cada sistema *RFID* incluye como mínimo una antena para transmitir y recibir las señales de radio frecuencia. En algunos sistemas una única antena transmite y recibe las señales. En otros sistemas una antena transmite y otra recibe las señales. La cantidad y el tipo de las antenas dependen de la aplicación (velocidad de paso, n° de transponders a detectar etc.) una antena *RFID* se puede apreciar en el grafico 9. (Introducción a los Sistemas *RFID*, s.f.).



Gráfico 9 Antena RFID.
Tomado de (Barmax. 1999).

Transponder.

La palabra transponder es una palabra compuesta que al separarla puede dar una explicación de lo que se trata, *transmitter/responder*, el combinar las 5 primeras letras de *transmitter* con las ultimas 6 de responder, explica la noción básica de su funcionamiento. (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005), el transponder, también conocido como etiqueta, o más usado en términos *RFID* por su significado en ingles *Tag*, no es más que un dispositivo que emite una señal identificable en respuesta a una interrogación, el grafico 10 muestra un ejemplo a lo que se refiere la respuesta a una interrogación. (V. Candel, 2006)



Gráfico 10 Comunicación entre el tag RFID y el lector.
Tomado de (B. Glover, H. Bhat, 2006).

Los componentes básicos de un transponder se pueden apreciar en el grafico 11 y son los siguientes:

1. Memoria no volátil donde los datos son almacenados.
2. Memoria ROM donde son almacenadas las instrucciones básicas para su funcionamiento.
3. Como algo adicional, pueden incorporar memoria de acceso aleatorio (RAM).
4. La antena que detecta el campo magnético creado por el interrogador, por el cual obtiene la energía suficiente para establecer la comunicación con el mismo.
5. Elementos de procesamiento de señales recibidos por la antena.

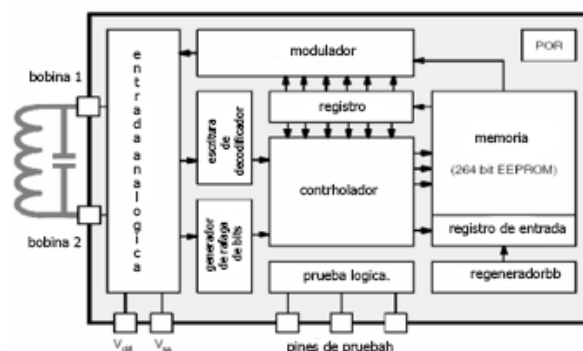


Gráfico 11 Esquema de un Transponder RFID.
Tomado de (J. M. Ciudad, E. Sama, 2005).

Tipos de Transponder

Existen distintos tipos y clases de *Tags* que para distintas aplicaciones y desarrollos, se pueden clasificar los siguientes grupos elementales. (B. Glover, H. Bhat, 2006).

Por la Forma de Embalaje

Se refiere a la forma en la que es colocada la etiqueta en el elemento por identificar, los transponder pueden ser ubicados en vidrios de carros, etiquetas de papel, tarjetas de plástico, en botones de ropa y otros, en los cuales su ubicación va a depender de factores como: (a) comodidad; (b) seguridad; (c) confidencialidad; (d) seguridad. Un caso que abarca los factores de confidencialidad y seguridad fue el utilizado por J. Moreira en su trabajo de investigación titulado Diseño de un sistema de monitorización en lavanderías industriales utilizando tecnología de identificación. En el cual el transponder fue ubicado como si se tratara de un botón de la prenda de vestir, de modo que se mantiene confidencialidad y al mismo tiempo el factor de seguridad en poder monitorear dichas prendas de ropa.

Existen estándares referidos explícitamente a la forma en como ubicar los *Tags*, un ejemplo de ello es el estándar DIN/ISO 69873, que define la forma en que los transponder deben ser insertados herramientas de maquinarias. (B. Glover, H. Bhat, 2006).

Por su Acoplamiento

El acoplamiento se refiere a la forma en que el transponder logra la comunicación con el lector, distintas son las formas y métodos de acoplamiento, que entre ellos tienen sus ventajas y desventajas dependiendo el caso, la forma de acoplamiento afecta directamente el rango de comunicación, el precio de las etiquetas, y las condiciones en las cuales se pueden presentar interferencias.

Acoplamiento por Backscatter o Retro-dispersión.

Funciona como el reflejo de la luz de una lámpara apuntada hacia un espejo, se describe como la forma en que las ondas de radiofrecuencia emitidas por el lector son devueltas por la etiqueta, donde el papel de la lámpara lo hace el lector, y la etiqueta es el espejo. El grafico 12 muestra un ejemplo de este caso.

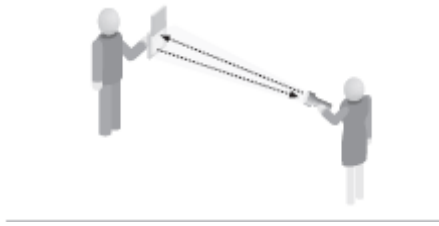


Gráfico 12 Ejemplo de Retro-dispersión con el Reflejo de una Linterna.
Tomado de (B. Glover, H. Bhat, 2006).

Acoplamiento Inductivo

Es el acoplamiento más común utilizado en *RFID*, muchas de las etiquetas en la actualidad trabajan con este método de acoplamiento, se han generalizado de tal forma que existe hoy en día un estándar específico para las tarjetas inteligentes con acoplamiento inductivo, el estándar *ISO 15693*, el lector emite un campo magnético que se acopla de forma inductiva a la etiqueta utilizando una antena en forma de bobina, esta bobina es la que genera el campo magnético, el campo magnético transfiere la corriente hacia la etiqueta por medio de inducción, el grafico 13 muestra una referencia del acoplamiento inductivo ejemplificando las bobinas de cada elemento. (B. Glover, H. Bhat, 2006). (V. Candel, 2006).

El campo provee energía suficiente como para activar el microchip que lleva dentro el transponder, esta energía es obtenida gracias a una resistencia contenida dentro del tag que va causando fluctuaciones en el campo magnético funcionando como un interruptor, lo que se traduce a variaciones de voltaje en la antena del lector.

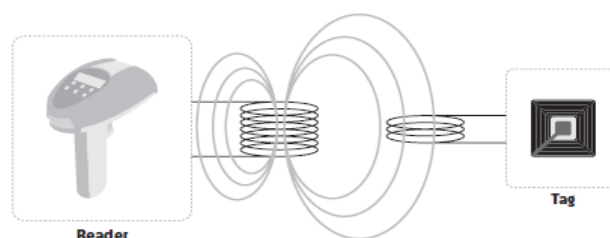


Gráfico 13 Acoplamiento inductivo.
Tomado de (B. Glover, H. Bhat, 2006)

Acoplamiento Magnético

Es un acoplamiento muy similar al acoplamiento inductivo, con la diferencia de que se utiliza un núcleo férrico en la bobina, otra diferencia importante es que la

distancia entre ellos no debe exceder de un centímetro, debido a la corta distancia y el fuerte acoplamiento producido por la presencia del núcleo férreo, el acoplamiento magnético usa modulación ASK para mayor simplicidad, un ejemplo ilustrativo de este acoplamiento es el mostrado en el grafico 14.

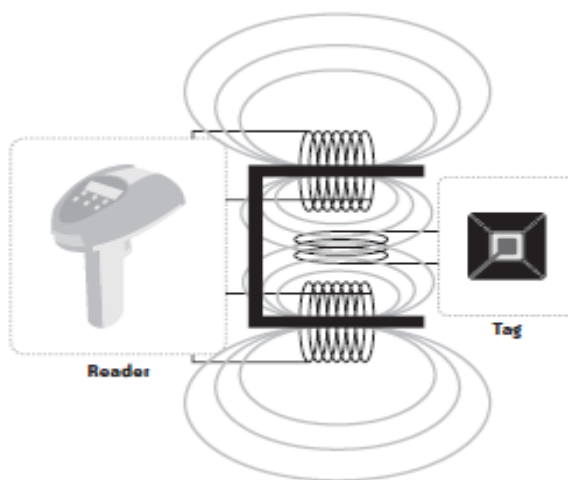


Gráfico 14 Acoplamiento Magnético.
Tomado de (B. Glover, H. Bhat, 2006).

Acoplamiento Capacitivo

Es otra forma de acoplamiento a corta distancia, es usado frecuentemente para tarjetas inteligentes, de uso tan común que posee un estándar bajo la norma ISO 10536, sigue nociones teóricas similares al acoplamiento magnético, pero reemplazando las antenas por electrodos, esto es gracias a la conexión de un capacitor entre el lector y la etiqueta, al igual que el acoplamiento magnético utiliza modulación ASK debido a su corta distancia para mayor simplicidad.

Por su Tipo de Alimentación

Las etiquetas requieren ciertos valores de alimentación dependiendo de la tarea que van a cumplir. Se pueden clasificar dentro de tres tipos de etiquetas que varían dependiendo de la energía que utilizan para la comunicación.

Transponder Pasivo

No poseen alimentación propia, y no inician la comunicación por su cuenta, el lector envía ondas electromagnéticas hacia el tag, y este por medio de inducción de Faraday adquiere alimentación con la cual es capaz de dar una respuesta hacia el

lector acorde a la autenticación, comprobación y cifrado correspondiente, su distancia es limitada, pueden ser leídos hasta los nueve metros de distancia, poseen una memoria de corta envergadura, pero debido a su mínimo costo lo hace esencial y muy viable en aplicación de corto alcance como tarjetas de acceso, billetes de transporte público, identificación de inventario y otros. (V. Candel, 2006), (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005). (Introducción a los Sistemas *RFID*, s.f.)

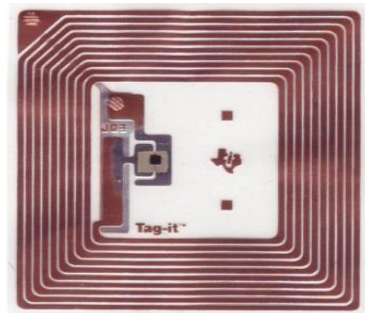


Gráfico 15 Tag Pasivo.
Tomado de (Tecnologías 2.0, 2011).

Transponder Semi-Pasivo

Al igual que los transponder del tipo pasivos, los Semi-pasivos no inician la comunicación con el lector, pero tienen alimentación propia, es utilizada para activar circuitería interna que funciona para almacenar variables de algunos sensores adicionales que posea la etiqueta, un caso de ejemplo es algunas etiquetas utilizadas en las cadenas de supermercados para hacer seguimiento del uso y consumo de energía en los refrigeradores, esto gracias a un sensor de temperatura ubicado en el tag, que periódicamente es activado con la energía de la batería, para censar la temperatura en ese momento determinado. (Ver Gráfico 16)



Gráfico 16 Transponder Semi-Pasivo con Sensor de Temperatura.
Tomado de (imec, 2010).

Transponder Activo

Necesitan una fuente de alimentación externa (batería), debido a que no es suficiente la energía que aporta el lector. Permite procesos de lectura y escritura, presentan la ventaja de un mayor alcance de emisión pero presentan la desventaja de la dependencia de la batería, de su complejidad y de su elevado costo (Introducción a los Sistemas *RFID*, s.f.). Presentan una vida útil limitada, tienen la ventaja de no depender directamente del lector para iniciar la comunicación, esto gracias a la presencia de la alimentación. Su costo es más elevado respecto a las etiquetas que no utilizan alimentación, poseen un rango de lectura mayor, pueden tener elementos adicionales como sensores. (V. Candel, 2006)

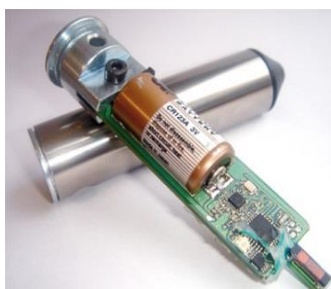


Gráfico 17 Tag Activo.
Tomado de (Codic, s.f.)

Otra posible clasificación sería en función de la frecuencia de emisión que utilizan, así se podrían clasificar en baja frecuencia, alta frecuencia y microondas.

Por su Capacidad de Memoria

La cantidad de información que puede albergar el chip del transponder y el precio, es otra variable que se debe manejar a la hora de diseñar un sistema de *RFID* para una aplicación determinada. Se necesita saber cuánta cantidad de información usa el sistema, que datos maneja.

Principalmente los transponders con sistemas de memoria de solo lectura se usan para aplicaciones de bajo coste con necesidades de información baja. Si lo que se necesita es que la información se pueda escribir, no sólo leer del transponder, son necesarios transponders con memoria *EEPROM* o *RAM*. La memoria *EEPROM* se usa principalmente en los sistemas de acoplamiento inductivo, dispone de capacidades de memoria entre los 16 bytes a los 8 kilobytes. Las memorias *SRAM*

disponen de baterías, son usadas en sistemas de microondas, con una memoria que oscila alrededor de los 256 bytes y 64 Kilobytes. (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005).

Lector o Modulo Digital

El lector *RFID* o modulo digital consiste en un módulo basado en lógica reconfigurable específicamente diseñado para esta aplicación, está encargado de la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas, y cumple las funciones de lectura y escritura, se encarga además de activar los transponder mediante el uso de los distintos tipos de acoplamiento, es el siguiente elemento principal de un sistema *RFID*. Suelen ser separados en dos tipos esenciales (V. Candel, 2006)

1. Sistemas con bobina simple: la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos. Son más simples y más baratos, pero tienen menos alcance.
2. Sistemas interrogadores con dos bobinas: una para transmitir energía y otra para transmitir datos. Son más caros, pero consiguen mayores prestaciones.

También es posible clasificarlos si se conocen los parámetros más importantes según su variación. (C. Butrón, C. Carolina, 2010).

Lectores RFID Fijos

No poseen movilidad portátil, son los lectores nativos con la tecnología que a pesar del tiempo siguen siendo de gran uso, pueden abarcar desde lectores básicos con funcionalidades simples hasta llegar a tener funcionalidades adicionales como memoria de almacenamiento, memoria de proceso, ejecución en lenguajes de programación y otros.

Lectores RFID Móviles

Tienen las mismas características que los fijos pero con la ventaja de que poseen movilidad.

Lectores RFID de Mano

Máxima movilidad, funcionan de forma similar a los lectores de código de barras, incluso existen modelos que integran la posibilidad de trabajar con ambas tecnologías, diseñados para entornos robustos, con amplias capacidades de conectividad inalámbrica como Bluetooth, *Wi-Fi*, y otros.

II.2.4.3.3.- *Frecuencia de Operación de RFID*

La frecuencia de operación es la frecuencia electromagnética que los transponder usan para comunicarse o para extraer la potencia de alimentación, los rangos que utiliza *RFID* del espectro electromagnético son: (a) *Low Frequency (LF)*; (b) *High Frequency (HF)*; (c) *Ultra High Frequency (UHF)* y (d) microondas. Debido a que los dispositivos *RFID* emiten ondas electromagnéticas, deben ser regulados según la normativa para los dispositivos radio.

El cuadro 2 muestra de forma detallada las frecuencias de trabajo de la tecnología *RFID*.

Nombre	Rango de frecuencias	Frecuencias <i>RFID</i>
<i>LF</i>	30 kHz - 300 kHz	< 135 kHz
<i>HF</i>	3 MHz – 30 MHz	6.78MHz; 13.56MHz; 27.12MHz; 40.68MHz
<i>UHF</i>	300 MHz – 3GHz	433.920MHz; 869MHz; 866MHz; 915MHz
Microondas	> 3GHz	2.45GHz; 5.8GHz; 24.125GHz

Cuadro 2 Bandas de Frecuencia RFID.
Nota. Tomado de (V. Candel, 2006).

Las distintas aplicaciones en las que se involucra la tecnología de identificación por radiofrecuencia, está muy ligada a la frecuencia de trabajo en la cual opera, el cuadro 3 muestra ciertas aplicaciones de acuerdo a la banda de frecuencia con las que trabaja *RFID*. De forma más específica, y en cuanto a valores de potencia, de igual manera muestra la potencia de transmisión según el rango de frecuencia.

Rangos de Frecuencia para Sistemas de <i>RFID</i>		
Rango de Frecuencia	Observaciones	Intensidad de Campo/ Potencia de Tx-
< 135 KHz	Baja potencia, acoplamiento inductivo	72 dBμA/m
6.765 ... 6.795 MHz	Media frecuencia (<i>ISM</i>), acoplamiento inductivo.	42 dBμA/m
7.400 ... 8.800 MHz	Media frecuencia, usado sola para <i>EAS (Electronic article Surveillance)</i> .	9 dBμA/m
13.553 ... 13.567 MHz	Media frecuencia (13.56 MHz, <i>ISM</i>), acoplamiento inductivo, <i>ISO 14443</i> , <i>MIFARE</i> , <i>LEGIC...</i> , <i>Smart labels (ISO 15693, Tag-It</i> ,	42 dBμA/m

	I-Code,...) y control de artículos (ISO 18000-3).	
26.957 ... 27.283 MHz	Media frecuencia (ISM), acoplamiento inductivo, solo aplicaciones especiales.	42 dBμA/m
433 MHz	UHF (ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	10 ... 100 mW
868 ... 870 MHz	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, nueva frecuencia, sistemas bajo desarrollo.	500 mW, sólo Europa.
902 ... 928 MHz	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, varios sistemas.	4 W – espectro ensanchado, solo USA/ Canadá.
2.400 ... 2.483 GHz	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, varios sistemas, (identificación de vehículos: 2.446... 2.454 GHz).	4 W – espectro ensanchado, solo USA/Canadá, 500 mW Europa.
5.725 ... 5.875 GHz	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	4 W USA/Canadá, 500 mW Europa.

Cuadro 3 Potencia de Transmisión por Rango de Frecuencia.
Nota. Tomado de (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005).

II.2.4.3.4.- Software RFID

El *software RFID* es el punto de comunicación intermedio entre el lector y el transponder, comprende una serie de instrucciones para poder lograr la interacción de estos dos elementos a nivel de señales de radio. (V. Candel, 2006).

Las funciones que logra cumplir el *software RFID* entre el lector y el transponder son las siguientes:

Lectura y Escritura

Operación elemental entre un transponder y el lector, utilizando el método de pregunta y respuesta, el lector le solicita una de las dos operaciones al transponder, en las cuales este accede a su memoria interna para procesar la información solicitada por su contraparte y enviársela.

Anticolisión

Acción muy importante cuando existen altas probabilidades de que se encuentren varios transponder en la zona de radiofrecuencia del lector, son

utilizados algoritmos para evitar errores de comunicación en caso de una respuesta simultanea de varios transponder.

Detección y Corrección de Errores

El lector aplica algoritmos de programación para detectar y desperdiciar información no deseada enviada por parte del transponder.

Seguridad

Cuando es requerida una transmisión con fiabilidad y seguridad de la información, son aplicables protocolos de autorización, cifrado y autenticación entre el transponder y el lector.

II.2.4.3.5.- Middleware RFID

RFID middleware es una nueva clase de *software* que facilita la comunicación de datos e información entre la capa física y la identificación automática. Proporciona un entorno distribuido para procesar los datos de las etiquetas leída por los lectores, traduce los datos cuando sea necesario, y la encamina a una variedad de aplicaciones. (Prabhu y otros, s.f.).

La función en si del middleware es la de gestionar todo el sistema *RFID* a nivel de *hardware*, con el fin de manejar la información recibida, para ser usada por la aplicación final que se desarrolle con la tecnología *RFID*. De igual manera también puede ser un *software* directamente diseñado para una aplicación en concreto, así como el monitoreo del estado de los otros dispositivos *RFID*.

II.2.4.3.6.- Aplicación Anfitrión RFID

La aplicación es el paso siguiente a todo el procesamiento de información por parte del sistema *RFID*, es la aplicación que, utilizando la información obtenida por dicho sistema, ofrece una diversa gama de opciones al usuario final, es una aplicación que utiliza los datos del sistema *RFID* mas no es necesario que conozca la fuente de información. Su función se centra en presentar la información obtenida de las etiquetas a los usuarios, su contexto será llevado dependiendo del tipo de aplicación en la cual fue concebido tanto el sistema como la misma aplicación de usuario. (C. Butrón, C. Rodríguez, 2010) (V. Candel, 2006).

Definidos todos los componentes de un sistema *RFID* el grafico 18 ilustra cada una de las partes anteriormente nombradas.

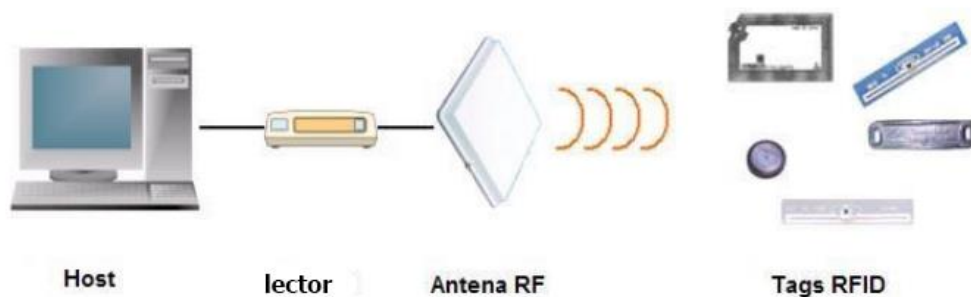


Gráfico 18 Esquema de un Sistema RFID.
Tomado de (V. Candel, 2006

II.2.4.3.7.- Regulaciones y Estándares

En la actualidad no existe un ente regulador de la tecnología *RFID* a nivel mundial, se está trabajando actualmente en consolidarlo, el cual lleva por nombre EPCglobal. Sin embargo cada país es responsable del manejo del espectro radioeléctrico que se encuentra bajo su jurisdicción.

Los organismos de regularización han escogido distintos rangos de frecuencias en diferentes partes del mundo. En Europa, Sudamérica y algunas regiones de Asia, los *Tags UHF* trabaja en la banda de 865 - 868 MHz. En Norteamérica operan en la banda de 902 – 928 MHz y en India se ha adoptado recientemente la banda de 865 – 867 MHz.

Regulaciones Nacionales

En Venezuela el ente regulador de las telecomunicaciones es la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), la cual emitió un documento que hace mención a la <<Reforma de las Condiciones para la Clasificación de los Equipos de Uso Libre>> (CONATEL, 2011). Catalogando la tecnología *RFID* como equipos de uso libre, estudiando condiciones de operatividad como Frecuencia de trabajo y Potencia isotrópica Radiada Equivalente (PIRE). (Ver Cuadro 4)

Equipo	Frecuencia (MHz)	Límite máximo de PIRE o de intensidad
Sistema de Identificación por Radiofrecuencia(RFID)	0,125-0,134	20 $\mu\text{V/m}$ @ 300 m, medido con detector cuasi pico.
	13,110-13,410	106 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido con detector cuasi pico.
	13,410-13,553	334 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido con detector cuasi pico.
	13,553- 13,567	15.848 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido con detector cuasi pico.
	13,567- 13,710	334 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido con detector cuasi pico.
	13,710- 14,010	106 $\mu\text{V/m}$ @ 30 m, medido con detector cuasi pico.
	433,5- 434,5	11.000 $\mu\text{V/m}$ @ 3 m, medido con detector cuasi pico.
	922- 928	4 W
	2.400- 2.483,5	1 W
	5.725- 5.875	1 W

Cuadro 4 Clasificación de RFID según frecuencias de Trabajo y PIRE
Nota. Tomado de (CONATEL, 2011)

Regulaciones Internacionales

Si bien es cierto que no está definida una normativa global en cuanto a completas restricciones de *RFID*, existen ciertas variables que hay que tener en cuenta, una de ellas es la potencia de transmisión, En Europa la frecuencia *UHF* está permitida para rangos entre 865.6 - 867.6 MHz. Su uso es sin licencia sólo para el rango de 869.40 - 869.65 MHz, pero existen restricciones en la potencia de transmisión (recientemente ha aparecido la nueva norma ETSI que permite hasta 2W de potencia de transmisión). El estándar *UHF* norteamericano (908-928 MHz) no es aceptado en Francia ya que interfiere con sus bandas militares. En China y Japón no hay regulación para el uso de las frecuencias *UHF*. Cada aplicación de

frecuencia *UHF* en estos países necesita de una licencia, que debe ser solicitada a las autoridades locales, y puede ser revocada. En Australia y Nueva Zelanda, el rango es de 918 - 928 MHz para uso sin licencia, pero hay restricciones en la potencia de transmisión. El cuadro 5 muestra un resumen de las características principales de la regulación en las diferentes regiones del mundo.

	North America	Europe	Japan	Korea	Australia	Argentina, Brazil, Peru	New Zealand
Band (MHz)	902~928	866~868	952~954	908.5~914	918~928	902~928	864~929
Power	4 W EIRP	2 W ERP	4 W EIRP	2 W ERP	4 W EIRP	4 W EIRP	0.5~4 W EIRP
Number of Channels	50	10	TBD	20	16	50	Varies
Spurious Limits	-50 dBc	-63 dBc	-61 dBc	-36 dBc	-50 dBc	?	?

Cuadro 5 Regulaciones de la Banda UHF.
Nota. Tomado de (V. Candel, 2006).

Regulaciones Respecto a la Salud

La exposición a ondas electromagnéticas, y por consiguiente a la radiofrecuencia, se tiene que tratar con cierto cuidado en cuanto la salud del ser humano, existe en Europa un estándar de título EN 302 208 el cual describe especificaciones técnicas y condiciones referentes a compatibilidad electromagnética. (Ver cuadro 6).

EN 302 208
Directive 1999/5/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 1999, sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad (R & TTE)
CEPT/ERC/REC 70-03: En relación con el uso de dispositivos de corto alcance (SRD) " .
ETSI EN 301 489-1: "" Compatibilidad electromagnética y espectro radio (ERM) ; compatibilidad electromagnética (EMC) estándar para equipos radio y servicios Parte 1 : Requisitos técnicos comunes " .
ETSI TR 100 028 (all parts): " Compatibilidad electromagnética y espectro radio (ERM) ; Las incertidumbres en la medición de las características del equipo de radio móvil " .
ETSI EN 302 208-1: Compatibilidad electromagnética y espectro de radiofrecuencia (ERM) ; <i>Radio Frequency Identification</i> Los equipos que

operen en la banda de 865 MHz con niveles de potencia hasta 2 W Parte 1 : Requisitos técnicos y métodos de medición " .
ETSI EN 301 489-3: " Compatibilidad electromagnética y espectro radio (ERM) ; Compatibilidad electromagnética (EMC) para equipos y servicios de radio ; Parte 3 Condiciones específicas para equipos de corto alcance (SRD) operando en frecuencias entre 9 kHz y 40 GHz " .
Council Directive 73/23/EEC de 19 de febrero de 1973 relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión (Directiva LV) .
Council Directive 89/336/EEC de 3 de mayo de 1989, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas a la compatibilidad electromagnética (Directiva CEM) .

Cuadro 6 Especificaciones de la norma EN 302 208.
Nota. Tomado de (V. Candel, 2006).

Estándares Internacionales

<<Los estándares o normalizaciones permiten disponer de soluciones interoperables, que permiten una arquitectura abierta que puede ser implementada por diferentes fabricantes o integradores. Nos garantizan el uso de la tecnología>>. (RFID Magazine, 2005).

Estándar ISO

Como se conoce en todas las tecnologías, existen estándares que garantizan el funcionamiento e interoperabilidad de la misma a nivel mundial. Específicamente para el caso de *RFID* hay varios estándares que aplican según la aplicación que se desea. Sin embargo todos concuerdan en varios aspectos claves de funcionalidad, como por ejemplo la conexión y realización de pruebas para distintas etiquetas y lectores. La *International Orgnaization for Standarditzacion (ISO)*, es la encargada de desarrollar dichos estándares mediante comités técnicos capacitados. Como se mencionó anteriormente existen variados estándares para el funcionamiento de la tecnología *RFID* dirigidos para aplicaciones específicas.

ISO 11784: Identificación de animales por radiofrecuencia – Estructura de codificación. Contiene la estructura de codificación del ID para la identificación de animales por radiofrecuencia. No especifica los protocolos de transmisión entre el dispositivo transpondedor (*Tag*) y el transceptor (lector).

ISO 11785: Identificación de animales por radiofrecuencia – Conceptos técnicos. Especifica cómo se activa el transpondedor y como la información

almacenada se transmite hacia el transceptor. Especifica las características técnicas del protocolo de comunicación entre lector y *Tag*.

ISO 14223: Identificación avanzada de animales. Además de permitir el almacenamiento de un código de identificación, permite almacenar información adicional, e implementa métodos de autenticación. Este estándar consiste en tres partes:

Parte 1: *Radio Frequency Identification of Animals, Advanced transponders - air interface.*

Parte 2: *Radio Frequency Identification of Animals, Advanced transponders - code and command structure.*

Parte 3: *Radio Frequency Identification of Animals, Advanced transponders – applications.*

Es una extensión de la *ISO 11784* e *ISO 11785*. Define el interfaz aire entre el *Tag* y el lector.

ISO 10536: Describe el modo de operación de las tarjetas inteligentes de acoplamiento cercano, con rango de operación de hasta 1 cm. Implica el acoplamiento capacitivo e inductivo a 4,9152 MHz. Debido al corto rango de operación no tiene un uso muy amplio en el mercado.

ISO 14443: Describe el modo de operación de las tarjetas de proximidad. Este estándar soporta un rango de lectura de hasta 10 cm. *ISO 14443* tiene dos variantes: *ISO 14443-A* y *ISO 14443-B*. Ambas operan sobre misma frecuencia pero con parámetros diferentes (modulación, codificación y anticolisión).

ISO 15693: Describe el acoplamiento remoto, con un rango de operación de hasta 1 m. Igual que la *ISO 14443* opera sobre la frecuencia 13,56 MHz y utiliza acoplamiento inductivo. Este estándar soporta también varios modos de transmisión.

ISO 10374: Estándar voluntario para la identificación *RFID* de contenedores. Es un estándar dual, pasivo, y de sólo lectura que incluye las frecuencias 850-950 y 2400-2500 MHz.

ISO/IEC 18000: Estándar *RFID* para la gestión de objetos. Define una línea de trabajo para los protocolos de comunicación comunes a nivel internacional en el uso de *RFID*.

II.2.4.3.8.- Estándar EPC.

El estándar de código electrónico de producto, también conocido por en su traducción al inglés como *Electronic Product Code (EPC)*, está formado por un consorcio de nombre similar EPCglobal, con la intención de crear un estándar abierto y globalizado que hiciera posible la identificación en tiempo real de cualquier producto en cualquier parte del mundo, tiene la supervisión de la *ISO*, a continuación se nombran las características más importantes de este estándar:

Especificaciones para las Etiquetas

Referentes a los datos almacenados en ellas, a los protocolos de comunicación con el lector y la parte de RF que permite la comunicación.

Especificaciones para los Lectores

Protocolo para el interfaz aire y comunicaciones lógicas con las etiquetas. También este estándar realiza una clasificación de los transponder, encasillándolos en clases, cada una de ellas con características específicas más relevantes a medida que la clase aumenta. (Ver gráfico 19).

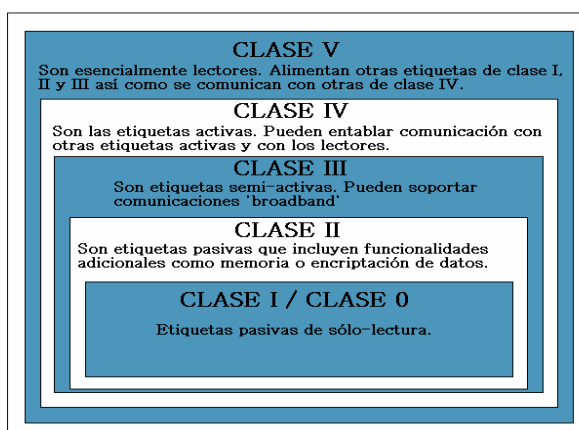


Gráfico 19 Clasificación EPC de Etiquetas.
Tomados de (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005).

II.2.4.3.9.- Estándar EPC Gen2.

En inicios del año 2005 se publica una nueva versión del estándar *EPC* el cual llevo por nombre *EPC Generation 2*, correspondiente a la versión 1.0.9, este estándar establece el uso de la tecnología *RFID* a nivel internacional, complementando variados estándares y el mismo estándar *EPC Generation 1*, logrando una complementación con el estándar *EPC* que lo lleva a ser un estándar más global en lo que se refiere a sistemas *RFID*, el cuadro 7 muestra los estándares más relevantes contemplados para *EPC Gen2*, destacando que algunos ya son repetidos de los estándares nombrados anteriormente, esto debido a que se trata de una actualización de dicho estándar conservando ciertos elementos relevantes.

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) EN 302 208: “Compatibilidad electromagnética y espectro de radiofrecuencia (ERM); Radio Identificación de Frecuencia Los equipos que operen en la banda de 865 MHz con niveles de potencia hasta 2 W Parte 1: Requisitos técnicos y métodos de medición”.
European Telecommunications Standards Institute (ETSI) EN 302 208: Compatibilidad electromagnética y espectro de radiofrecuencia (ERM); Radio Identificación de Frecuencia Los equipos que operen en la banda de 865 MHz con niveles de potencia hasta 2 W Parte 2: EN armonizada bajo el artículo 3.2 de la directiva R & TTE”.
ISO/TEC Directives, Part 2: Reglas para la estructura y redacción de las Normas Internacionales.
ISO/TEC 3309: Tecnología de la información - Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas - de alto nivel control de enlace de datos (HDLC) procedimientos - Estructura de trama.
ISO/TEC 15961: Tecnologías de la información. Identificación automática y captura de datos - La identificación por radiofrecuencia (RFID) para la gestión de artículos - Protocolo de datos: interfaz de la aplicación.
ISO/TEC 15962: Tecnologías de la información. Identificación automática y captura de datos - La identificación por radiofrecuencia (RFID) para la gestión de artículos - Protocolo de datos: datos de reglas de codificación y las funciones de memoria lógicos..
ISO/TEC 15963: Tecnologías de la información. - La identificación por radiofrecuencia (RFID) para la gestión de artículos - identificación único para RF Etiquetas
ISO/TEC 18000-1: Tecnologías de la información. - La identificación por radiofrecuencia (RFID) para la gestión de artículos - Parte 1: Arquitectura de referencia y definición de parámetros para ser estandarizado.

ISO/TEC 18000-6: Información TECNOLOGÍA DE identificación por radiofrecuencia (RFID) para el aire la gestión de artículos interface- Parte 6: Parámetros para comunicaciones de interfaz de aire a 860-960 MHz
ISO/TEC 19762: Tecnología de la información AIDC técnicas armonizadas Vocabulario - Parte 3: identificación de radiofrecuencia (RFID).
U.S. Code of Federal Regulations (CFR). Title 47. Chapter I, Part 15: Dispositivos de radiofrecuencia de la Comisión Federal de Comunicaciones.

Cuadro 7 Estándares de pre requisito para EPC gen2.
Nota. Tomados de (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005).

II.2.4.3.10.-RFID en el Deporte

Diversos grupos de investigación y proveedores de servicios tecnológicos han utilizado la tecnología *RFID* en el ámbito del deporte, específicamente para minimizar el error humano que se obtiene al realizar el cronometraje pertinente, y para lograr realizar el cronometraje de forma simultánea. Por tal motivo la tecnología *RFID* brinda diversas ventajas que automatizan y minimizan la problemática planteada anteriormente.

El cronometraje en las carreras, ya sean maratones, carreras automovilísticas, cualquier tipo de evento deportivo en el que se necesite el cronometraje simultaneo de numerosos participantes, ha sido un problema a resolver, tanto así que existen empresas que implementan la tecnología *RFID* que se han incorporado en la solución, aportando dicha tecnología como una de las mejores técnicas para la medición de tiempos en eventos deportivos, gracias a su precisión, alcance, comodidad, etc.

El maratón de Nueva York, ha sido un magno evento deportivo en el cual asisten más de 50.000 atletas, carrera que se realiza una vez al año, desde el 2009 hasta la actualidad, el evento ha implementado la tecnología *RFID* para el cronometraje de los atletas, a cargo de la empresa *ChronoTrack*. De igual manera la empresa *RFID Race Timing Systems*, empresa alemana destacada también por su participación en diversos eventos deportivos desde 5k hasta 50k en su país.

En Venezuela se realizan anualmente diversas carreras en las cuales se implementa esta tecnología, entre una de ellas está el *Gatorade Caracas Rock*, carrera que comprende 10 km y en la cual participan más de 30.000 personas, el cronometraje del evento es llevado a cabo por la empresa *Sport Solutions*.

Así como también grandes carreras automovilísticas, la división de las Moto GP3, Moto GP2 y Moto GP usan ciertos *Tags* incrustados previamente en la elaboración del neumático, con la finalidad de que cada vez que entren a los pits, este microchip envíe la información pertinente sobre el tiempo y poder llevar un control del corredor durante la carrera.

II.2.4.3.11.-Consideraciones de salud en RFID

Los dispositivos que emanan ondas electromagnéticas son objeto de críticas de parte del sector salud debido a que la persona se expone a peligros de la exposición de campos electromagnéticos, que cuando es de forma excesiva, puede haber un riesgo significativo para la salud, para efectos de sistemas implementados con tecnología *RFID* estos sistemas son considerados seguros.

Existen límites de exposición electromagnéticos, recomendados para trabajadores y público en general, estos límites fueron desarrollados por la Comisión Internacional Para la Protección Contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP), adicionalmente estos límites han sido probados por la organización mundial de la salud.

rango de frecuencia	campo electrico	campo magnetico	densidad de carga
<1Hz	--	1.63×10^5	--
1 - 8Hz	20,000	$1.63 \times 10^5 / f^2$	--
8 - 25Hz	20,000	$2 \times 10^4 / f$	--
25 - 820Hz	$500 / f$	$20 / f$	--
0.82 - 65KHz	610	24.4.	--
0.65 - 1MHz	610	$1.6 / f$	--
1 - 10MHz	$610 / f^{\frac{1}{2}}$	$1.6 / f$	--
10 - 400MHz	61	0.16	10
400 - 2000MHz	$3 f^{\frac{1}{2}}$	$0.008 f^{\frac{1}{2}}$	$f / 40$
2 - 300GHz	137	0.36	50

Gráfico 20 Niveles de referencia para exposición frecuente de campos eléctricos y magnéticos
Tomados de (Global, 2007)

<<Los sistemas *RFID* generan la mayor parte de las veces poca exposición a los rayos electromagnéticos en comparación con otras fuentes, como el uso de un teléfono móvil>> (Descamps, 2009)

En conclusión respecto a este tema, la mayoría de los sistemas *RFID* no emiten un campo electromagnético que afecte la salud del usuario, aun mas los sistemas pasivos, varios estudios se han enfocado en los efectos en la salud del uso particular de la tecnología *RFID*, cualquiera que sea el caso, no existe según los estudios daños al usuario en los niveles de exposición que trabaja esta tecnología. (perrin & Souques, 2010).

II.2.4.4.- Bluetooth

Es una tecnología que nace como un efecto colateral sobre enlaces de comunicaciones múltiples conectados a la red celular mediante teléfonos, sin embargo se ha establecido como una especificación industrial para redes inalámbricas de Área Personal (*WPAN*), que permite la transmisión de datos entre diferentes dispositivos, mediante un enlace de radiofrecuencia, hablando de tecnologías de transmisión está basado en *Spread Spectrum* (espectro disperso), se trabaja bajo el estándar *IEEE 802.15.1* el cual va referido a las redes *WPAN*. (El Estándar Bluetooth 802.15.1, s.f.)

II.2.4.4.1.- Red WPAN Bluetooth

La tecnología inalámbrica de Bluetooth utiliza un radio de corto alcance que ha sido optimizado para el ahorro de energía, operación adecuada de la batería, tamaño pequeño y para ser utilizada en aparatos personales de bajo peso. Una *WPAN* es capaz de soportar canales síncronos de comunicación para telefonía de voz y canales de comunicación asíncronas para comunicación de datos. (El Estándar Bluetooth 802.15.1, s.f.)

El grafico 21 muestra el formato general del contenido de una ranura de tiempo, transmitida al aire en una WPAN de Bluetooth. El paquete abarca un código de acceso de tamaño fijo, el cual es utilizado, entre otras cosas, para distinguir una WPAN de otra. El encabezado del paquete de tamaño fijo, que se utiliza para manejar la transmisión en una WPAN; y una carga de datos de tamaño variable, que transporta información de capas superiores. Debido al tamaño tan reducido de estos paquetes, se necesita que una capa superior más larga sea dividida en segmentos antes de que sea transmitida al aire. (El Estándar Bluetooth 802.15.1, s.f.) .

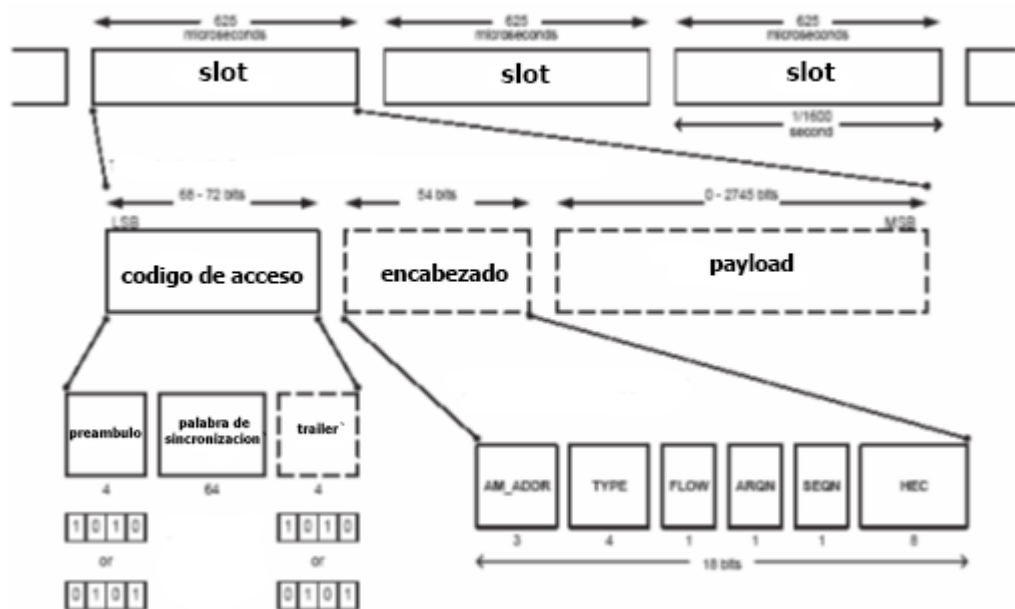


Gráfico 21 Trama de Información Bluetooth.
Tomado de (El Estándar Bluetooth 802.15.1, s.f.)

II.2.4.4.2.- Topología de las Redes WPAN Bluetooth.

II.2.4.4.3.- Red Picored (Ad Hoc)

Red que funciona con un dispositivo configurado como maestro y uno o más con la configuración de esclavos, en la Picored se define un canal llamado *Frequency-hopping* basado en la dirección del dispositivo maestro, todos los demás dispositivos esclavos son sincronizados a este canal utilizando el reloj del dispositivo maestro.

II.2.4.4.4.- Red Dispersa (Scatternet)

Las redes dispersas son un conjunto de picoredes en funcionamiento que se solapan en tiempo y en espacio. En este tipo de red un dispositivo Bluetooth puede actuar en varias picoredes al mismo tiempo, por lo que puede existir la posibilidad que la información transmitida circula por varias picoredes. De igual manera los dispositivos esclavos pueden ser esclavos en varias pico redes pero un dispositivo maestro solo puede serlo en una sola de ellas. (El Estándar Bluetooth 802.15.1, S.f.)

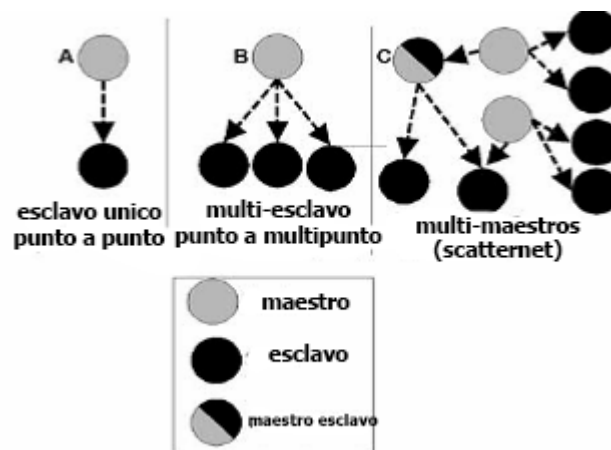


Gráfico 22 Topología de Bluetooth. (a) Configuración esclavo, (b) Configuración multiesclavo. (c) Configuración dispersa.
Tomado de (El Estándar Bluetooth 802.15.1, s.f.).

II.2.4.4.5.- Banda de Frecuencias de la Tecnología Bluetooth

La tecnología Bluetooth opera en la banda *ISM (Industrial, Scientific, Medical)* de 2,4 GHz. En la mayoría de los países alrededor del mundo, el rango de dicha banda oscila desde los 2400 MHz hasta los 2483,5 MHz. Sin embargo, este rango de frecuencias no se cumple para todos los países, lo que ocasiona limitaciones de compatibilidad entre dispositivos. (El Estándar Bluetooth 802.15.1, s.f.)

De esta manera la tecnología *Bluetooth* cuenta con un rango de frecuencias de trabajo, (Ver Cuadro 8)

Lugar	Rango de Frecuencias (GHz)	Canales de RF
USA, Europa, mayoría de los países	2,4 – 2,4835	$f = 2402 + K \text{ MHz}$, $k=0, \dots, 78$
Francia	2.4465 – 2.4835	$f = 2454 + k \text{ MHz}$, $k= 0, \dots, 22$

Cuadro 8 Bandas de Frecuencias de Bluetooth
Nota. Tomado de (El Estándar Bluetooth 802.15.1, s.f.)

II.2.4.4.6.- Modulación

La modulación es del tipo *GFSK* (*Gaussian frequency shift keying*) con un tiempo de ancho de banda $BW=0.5$. El índice de modulación debe ser de entre 0.28 y 0.35. Un 1 binario se representa con una desviación positiva de frecuencia, y un 0 binario se representa con una desviación negativa de frecuencia. (El Estándar Bluetooth, s.f.)

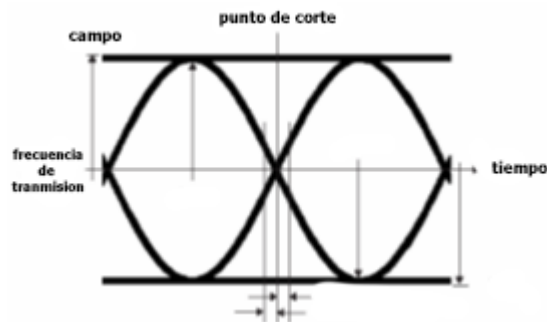


Gráfico 23 Modulación para la transmisión de datos en Bluetooth.
Tomado de (El Estándar Bluetooth, s.f.).

II.2.4.4.7.- Arquitectura de Bluetooth.

Una de las características de Bluetooth es permitir la intercomunicación de aplicaciones entre distintos dispositivos gracias a que provee un conjunto de protocolos, a diferencia del estándar *IEEE* 802.11 que solo trabaja con las 3 capas más bajas del modelo OSI. (El Estándar Bluetooth, s.f.).

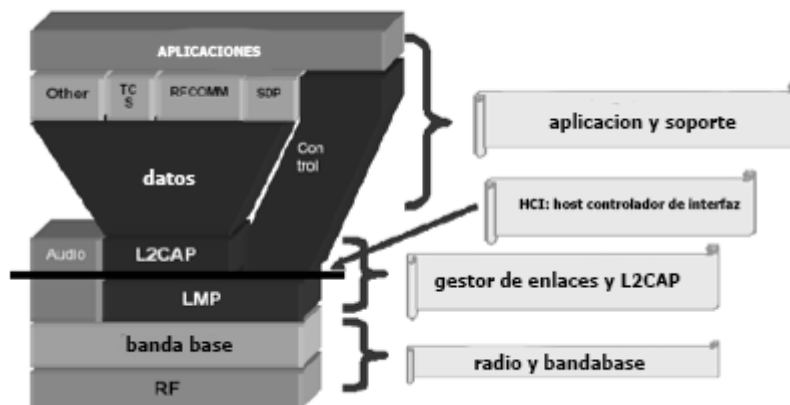


Gráfico 24 Arquitectura de Bluetooth.
Tomado de (El Estándar Bluetooth, s.f.).

Las 3 capas inferiores que se observan en el en el grafico 24, se implementan generalmente dentro del chip Bluetooth, e interactúan con las capas superiores mediante una interfaz llamada *HCI (Host Controller Interface – Controlador de Interface Principal)*. (El Estándar Bluetooth, s.f.).

Consumo de Energía

El consumo de energía en la tecnología Bluetooth es un punto que no se puede dejar de nombrar ya que representa una de las ventajas más importantes, ya que el método de alimentación de los dispositivos Bluetooth se logra mediante alimentación de corta independencia. El estándar Bluetooth utiliza la quinta parte de potencia que maneja la tecnología *Wi-Fi*. (El Estándar Bluetooth, s.f.).

A continuación se muestra un cuadro donde se clasifican los productos Bluetooth en clases en función de la potencia que consuman (Ver Cuadro 9).

Clase	Potencia máx.	Potencia nominal	Potencia mínima	Alcance
1	100 mW (20dBm)	N/A	1 mW (0 dBm)	100 m
2	2.5 mW (4 dBm)	1 mW (0 dBm)	0.25 mW (-6 dBm)	10 m
3	1 mW (0 dBm)	N/A	N/A	1 m

Cuadro 9 Clases de dispositivos Bluetooth en función de la Potencia.
Nota. Tomado de (El Estándar Bluetooth, s.f.)

II.2.4.4.8.- Seguridad

En la transmisión de datos el aspecto de seguridad es muy importante, y aún más si concierne a métodos de transmisión vía RF, en el estándar Bluetooth se definen 3 modos de presentar la seguridad. El modo de seguridad 1, el cual es no seguro. Modo de seguridad 2, el cual aplica la seguridad una vez que ya se establece la conexión por el canal, el procedimiento de seguridad se aplica en las capas altas de la pila de protocolos, parte de una seguridad al nivel de servicios. Por último el modo de seguridad 3, el cual impone la seguridad en el nivel de enlace. (El Estándar Bluetooth, s.f.).

II.2.4.4.9.- Aplicaciones de Bluetooth

Actualmente en el mercado contamos con infinitos dispositivos Bluetooth que tienen numerosas aplicaciones, que abarcan teléfonos móviles inteligentes, audio,

aplicaciones médicas, dispositivos de computación, juegos, aparatos de comunicación, etc.

Actualmente con el avance de la tecnología muchas personas manejan estos dispositivos con mayor frecuencia, en especial las personas que hacen deporte muy a menudo y están inmersas en el mundo del deporte. Empresas como, *Polar*, *Nike*, *Adidas*, y otras cuentan con una gama de productos dirigidos a mejorar el rendimiento físico de los atletas.

Dichos dispositivos son capaces de determinar el ritmo cardiaco de los atletas, determinar distancias, calcular velocidades, y todo esto puede estar reflejado en un *hardware* que actualmente, pueden ser desde *smartphones* hasta relojes, estos dispositivos la gran mayoría trabajan con la tecnología Bluetooth.

La empresa *Polar* con su cinta de medición de ritmo cardiaco y sus relojes como interfaz de comunicación, la *Nike* con sus zapatos inteligentes que permiten determinar velocidad, distancia recorrida, aceleración, entre otros parámetros que luego son mostrados en una aplicación móvil que puede estar descargada en cualquier Smartphone, de igual manera la *Adidas* con sus zapatos inteligentes, todas estas empresas fabrican dispositivos que tiene en común el uso de la tecnología Bluetooth como medio de transmisión de datos.

II.2.5.- Plataformas de desarrollo basadas en Microcontroladores

La implementación de un sistema o prototipo tecnológico contempla un *software* y un *hardware*, el desarrollador o autor del prototipo necesita un medio (*hardware*) sobre el cual correrá el *software* del producto que ha diseñado, conociendo esto entra en discusión el concepto de plataforma de desarrollo o también conocidas como plataformas microcontroladoras, estas plataformas son placas que están compuestas generalmente por microcontroladores, circuitos y componentes electrónicos que proporcionan capacidades básicas, para cumplir las funciones que le exige el *software*, así como también garantizar el buen funcionamiento de la misma.(ElectroIndustria, 2010).



Gráfico 25 Plataforma de Desarrollo.
Tomado de (Digilent, s.f.).

Sin embargo la creación de nuevas plataformas que se adapten a un prototipo demandan una cantidad prolongada de tiempo, estudio y conocimiento, que se podría dedicar a mejorar y generar un prototipo de alta calidad, y no en construir una plataforma de bajo nivel que podría no ser la adecuada o no cumplir con los requerimientos de un buen *hardware*, de esta manera nacen las plataformas de desarrollo ya construidas y muy bien concebidas, basta con que el desarrollador seleccione la plataforma que se adapte mejor a su prototipo y cumpla con sus requisitos. (ElectroIndustria, 2010).

En este aspecto una de las grandes ventajas de trabajar con plataformas de desarrollo es la fácil integración de componentes, partes y piezas; así como también otro punto resaltante es el bajo costo de las mismas, comparando los costos de generar una nueva adquiriendo cada componente por separado son considerablemente elevados a diferencia si se obtiene la plataforma de desarrollo ya lista, lo que da como resultado una relación de costo y eficiencia. (ElectroIndustria, 2010).

Actualmente existen diversas plataformas en el mercado que cumplen su propósito, reducir el tiempo empleado en diseñar un buen *hardware* e implementar tan valioso recurso en la funcionalidad del producto final, un prototipo completo que involucre tanto el *hardware* como un *software*.

En el presente trabajo se investigó las que actualmente lideran el mercado, gracias a su funcionalidad, integración de componentes, flexibilidad con respecto a las aplicaciones, fácil manejo y mayor cantidad de prestaciones. Dichas plataformas son:

1. BeagleBoard
2. Raspberry Pi
3. Arduino

II.2.5.1.- BeagleBoard

Es una plataforma de desarrollo catalogada como *open-source hardware single-board computer* (Hardware de fuente abierta) producida por *National Instruments* en asociación con *Digi-key* y *Newark Element*. Fue creada por un pequeño equipo de ingenieros, con el objetivo de iniciar una campaña educativa en colegios acerca de la creación de *hardware* de fuente abierta así como también, *software* de código abierto.(Beagleboard,2013).

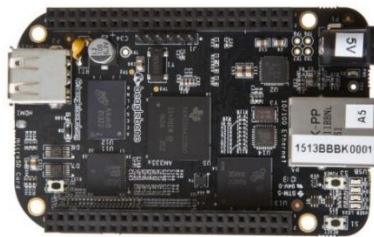


Gráfico 26 Beaglebone Black.
Tomado de (Beagleboard, 2013).

La organización *Beagleboard* ha desarrollado desde sus inicios diversas plataformas o *Hardware open-source*, actualmente cuenta con la placa de desarrollo llamada *Beaglebone Black*, la cual ofrece como todas las plataformas de desarrollo un *hardware* bastante completo, compatible con una cantidad de *software* considerable, La *Beaglebone Black* dirigida a la comunidad de desarrolladores y aficionados, cuenta con una cantidad de características y detalles técnicos que se describen en el cuadro 10. (Ver cuadro 10)

Beaglebone Black	
Procesador	AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8
Componentes	Memoria RAM DDR3, Disco duro de 2 Gb, acelerador de Gráficos 3D, tecnología NEON, 2 microcontroladores PRU 32-bit
Compatibilidad de Software	Unix, Android, Ubuntu y otros.
Conectividad	USB, Ethernet, HDMI, 2x46 pines

Cuadro 10 Características de la Beaglebone Black
Nota. Datos tomados de (Beagleboard, 2013). Cuadro elaborado por autores.

II.2.5.2.- Raspberry Pi

Raspberry Pi es una plataforma de desarrollo que se cataloga como *Single-Board Computer* (SBC, placa computadora), desarrollada por la fundación Raspberry Pi ubicada en Reino Unido, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas. El *hardware* como en otras plataformas desarrolladoras posee un procesador y otros componentes que hacen de esta placa un buen *hardware*, (Ver Cuadro 11). Actualmente el modelo comercial que se maneja en el mercado es la placa Raspberry Pi modelo B. (Raspberrypi, 2011).

Raspberry Pi Modelo B	
Procesador	ARM 1176JZF-S de 700MHz
Componentes	Memoria RAM 512Mb, procesador gráfico VideoCore IV, ranura SD para memoria.
Conectividad	2 puertos USB, HDMI, conector RCA, puerto Ethernet 10/100 (RJ-45).
Software	Linux, Ubuntu.
Alimentación	Micro USB 5v
Dimensiones	8,5 cm x 5,3 cm

Cuadro 11 Características Raspberry Pi Modelo B
Nota. Datos tomados de (Raspberrypi, 2012)

El funcionamiento de la placa es tal cual una computadora, se necesita una memoria SD, donde almacenar el *software*, un adaptador de corriente para la alimentación y posteriormente componentes como una pantalla, controladoras como un mouse y un teclado, que irían conectados en los puertos USB, se le puede adaptar de igual manera salida de audio; la plataforma es realmente completa, sin embargo esta orientada un poco más a la computación y desarrolladores de aplicaciones de *software*.

Aplicaciones que van desde juegos de varias categorías, hasta aplicaciones de productividad como navegadores, editores de documentos, calculadoras, etc., no obstante el principal uso que se ha puesto en práctica con esta plataforma es la domótica, automatizar espacios del hogar para ser controlados por un dispositivo móvil.(Raspberrypi, 2011)

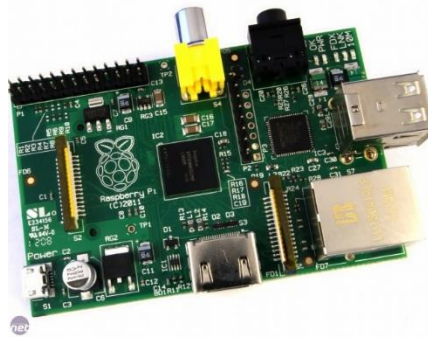


Gráfico 27 Raspberry Pi modelo B.
Tomado de (TechAdvisor, 2012).

II.2.5.3.- Arduino

Arduino es una plataforma desarrolladora basada en microcontroladores, con un *hardware* y *software* bastante flexible y fácil de usar. Caracterizada por ser un prototipo de código abierto (*open-source*). Dirigida para usuarios aficionados que estén interesados en diseñar, crear o interactuar con el entorno a través de la placa o bien sea captando información con un gama de sensores bastante amplia.

La tecnología Arduino puede tomar información del entorno a través una cantidad de pines de entrada, haciendo uso de variados sensores, así como también controlar agentes externos, basta con un poco de creatividad de parte del usuario a la hora de generar un proyecto.

La tecnología posee su propio lenguaje de programación llamado Arduino, basado en el lenguaje Wiring, de igual manera el entorno de desarrollo es basado en Processing.

II.2.5.3.1.- Ventajas de Arduino

En el mercado actual existen una cantidad elevada de plataformas de desarrollo, sin embargo hay factores que hacen que Arduino sea en el presente la tecnología líder a lo que placas de desarrollo se refiere. Para el año 2009, la plataforma de desarrollo más usada era la Arduino (Herrador, 2009)

1. Los precios de las placas Arduino son relativamente económicos en comparación a las diversas plataformas basadas en Microcontroladores. Tanto así que por ser *open-source* existen manuales para que usuarios puedan construir dicha placa por ellos mismos.

2. La flexibilidad del *software* Arduino permite que pueda ser ejecutado en distintos sistemas operativos ya sea Windows, Mac o Linux.

3. La programación de las plataformas es un factor clave para la elaboración de un proyecto, las placas Arduino brindan un lenguaje de programación bastante sencillo, fácil de usar para principiantes así como también flexible para que usuarios avanzados puedan utilizarlo también.

4. De igual manera Arduino está abierto a expansiones, tanto de *software* como de *hardware*.

II.2.5.3.2.- Hardware de Arduino

Arduino desde sus inicios ha ido evolucionando e implementando nuevas placas desde la primera que salió al mercado. Sin embargo las placas Arduino trabajan con la serie de microcontroladores Atmel, las placas creadas recientemente utilizan ATmega168, mientras que las primeras placas usan ATmega8. Algunas de las placas Arduino en el mercado actual (Ver cuadro 12).

Nombre	Procesador	Velocidad de CPU	FLASH
Uno	ATmega328	16 MHz	32 Kb
Mega 2560	ATmega2560	16 MHz	256 Kb
Mega ADK	Atmega2560	16 MHz	256 Kb
Micro	ATmega32u4	16 MHz	32 Kb
ArduinoBT	ATmega328	16 MHz	32 Kb

Cuadro 12 Cuadro de algunas placas Arduino
Nota. Tomado de (Arduino.cc, 2014)

Las placas Arduino son todas similares entre sí, varían en ciertos aspectos muy básicos o específicos, debido a que algunas se han creado para propósitos particulares, por tal motivo para no describir cada una de ellas, se tomara la plataforma más básica de la cual se derivan todas las demás, dicha placa es la que lleva por nombre Arduino Uno.

II.2.5.3.3.- Arduino Uno

Placa electrónica basada en el microprocesador Atmega328. La plataforma cuenta con 14 pines digitales los cuales pueden ser usados como Entrada/salida, 6 de dichos pines son entradas analógicas y otros 6 pueden ser utilizados como salidas

PWM (*Pulse- Width Modulation*); posee un cristal de Oscilación de 16 MHz, conexión USB y un botón de reinicio. (Arduino.cc, 2014)



Gráfico 28 Arduino Uno.
Tomado de (Arduino.cc, 2014).

La plataforma Arduino uno, se caracteriza por ser la placa a la que se le han hecho más actualizaciones, por ser la primera en mercado y por ser de código-abierto desarrolladores han hecho mejoras para el pro y mejora de la tecnología. Posee la capacidad de adaptar la mayoría de los *Shield* (sensores o extensiones de Arduino). De igual manera la placa posee diversas características técnicas, como voltaje de funcionamiento, corriente máxima, memorias, etc. (Ver cuadro 13).

Arduino Uno	
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de Operación	5 V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7-12 V
Máximo Voltaje de Entrada	20 V
Pines Digitales	14 (6 como salida de PWM)
Pines de Entrada Analógicos	6
Corriente DC por pin	40 mA
Corriente DC por pin de 3,3 V	50 mA
Memoria Flash	32 Kb
SRAM	2 Kb
Velocidad del Reloj	16 MHz

Cuadro 13 Resumen Características de Arduino Uno
Nota. Tomado de (arduino.cc, 2014).

II.2.5.3.4.- *Software Arduino*

El *software* Arduino es un entorno de desarrollo de código abierto que hace posible la fácil programación y cargarlo a la placa no es para nada complicado, basta con seleccionar en el *software* con que plataforma se trabaja y el mismo a

través del cable USB le carga el programa a la placa. El *software* funciona con Windows, MAC SO y Linux, escrito en el lenguaje java, el *software* permite la programación basado en el lenguaje Wiring, de igual manera es un *software* de código abierto. La interfaz es bastante amigable y ofrece un rápido aprendizaje para usuarios poco expertos. (Arduino.cc, 2014)

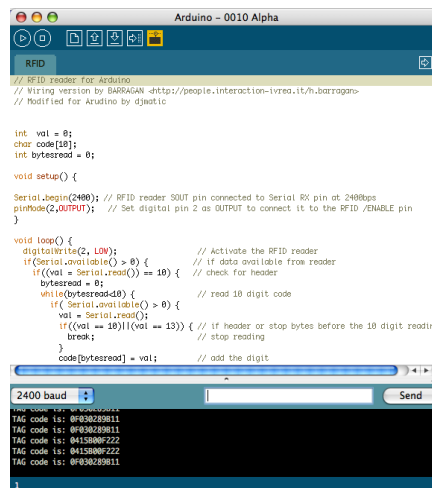


Gráfico 29 Software Arduino.
Tomado de (Wordpress, 2008).

De igual manera la programación de la plataforma se hace de manera sencilla, gracias a que las placas Arduino uno poseen un *bootloader* pregrabado que le permite al usuario cargarle un nuevo código sin necesidad de poseer un programador de *hardware* externo. (Herrado, 2009).

II.2.6.- Lenguajes de Programación

II.2.6.1.- Java

Es un lenguaje de programación de propósito general, uno de los más populares y usados en el desarrollo de programas de *software*, actualmente se encuentra en numerosas aplicaciones como: servidores web, bases de datos relacionales, teléfonos celulares, sistemas de teledetección, entre otros.

Java constituye una plataforma completa para el desarrollo de *software*, debido a que posee una gran biblioteca con facilidades para el desarrollador y aplicaciones con numerosos códigos reutilizables y un entorno de programación que proporciona servicios tales como seguridad y portabilidad entre sistemas operativos. (Deitel & Deitel, 2008)

La programación orientada a objetos es la base de Java y representa una forma de organización del conocimiento, en la que las entidades centrales son los objetos. En un objeto se agrupan una serie de datos con una relación lógica entre ellos: estados y acciones, a los estados se les denomina Variables de Instancia, y las acciones que vendrían a ser las rutinas necesarias para la manipulación de dichos estados, se les conoce como métodos.

La programación orientada a objetos modela el mundo real, debido a que poseen al igual que cualquier objeto real ciertos atributos que lo identifican. Java es denominado orientado a objetos debido a que la programación se centra en la creación, manipulación y construcción de objetos.

II.2.6.2.- Bases de Datos

Las bases de datos son un conjunto de datos organizados con un propósito específico. Existen dos tipos de bases de datos dentro de la gestión de bases de datos, estas son: bases de datos operacionales y bases de datos analíticas.

II.2.6.3.- Modelo de base de datos relacional

La base de datos relacional fue concebida por primera vez en el año 1969 y se puede decir que se ha convertido en la base de datos más utilizada hoy en día. El padre de este modelo es el Dr. Edgar F. Codd, en los tiempos en que laboraba en la empresa IBM, que durante los años sesenta se dedicó a investigar sobre nuevos mecanismos para el manejo de numerosos datos. (Hernandez, 2003).

Esta tipo de base de datos almacena información tomando en consideración la relación entre cada uno de los datos; esto lo percibe el diseñador como tablas. El orden físico de los datos registrados o campos de la tabla son inmateriales, ya que cada registro en la tabla es identificado por un campo que contiene un valor único.

Las relaciones son importantes, ya que establecen una conexión entre un par de tablas que lógicamente no están relacionadas y que la información que estas contienen si se encuentra relacionada de alguna forma.

Las relaciones categorizadas en este modelo son: *one to one* (uno a uno), *one to many* (uno a muchos) y *many to many* (muchos a muchos).

II.2.6.3.1.- Relaciones one to one

Un par de tablas tiene una relación *one to one* cuando un solo registro de la primera tabla se relaciona a un solo registro de la segunda tabla y viceversa.

II.2.6.3.2.- Relaciones one to many

Un par de tablas tiene una relación *one to many* cuando un registro de la primera tabla puede relacionarse con uno o varios registros de la segunda tabla. En el caso de la segunda tabla, solo un registro de la misma puede relacionarse a un registro de la primera tabla.

II.2.6.3.3.- Relaciones many to many

Un par de tablas tienen una relación *many to many* cuando un registro de la primera tabla puede relacionarse con uno o varios registros de la segunda tabla y viceversa.

Existe otro tipo de relación denominado *Self-Referencing*, en donde no se toman en consideración dos tablas, sino que se refiere a la relación que existe entre los datos de una misma tabla. De igual forma estas relaciones en una sola tabla pueden ser *one to one*, *one to many* y *many to many*.

El lenguaje utilizado para crear, modificar y mantener las bases de datos relacionales es el *SQL (Structured Query Language)*.

II.2.6.4.- MySQL

Según Deitel, P. y Deitel, H. (2007) “Es un sistema de administración de bases de datos de código fuente abierto que se ejecuta en muchas plataformas, incluyendo Windows, Solaris, Linux y Macintosh.”

Escrito en C y en C++, soporta muchas API como C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Ruby, Tcl, entre otros. Proporciona sistemas de almacenamiento transaccionales y no transaccionales y el servidor está disponible como un programa separado para usar en un entorno de red cliente servidor. También está disponible como biblioteca y puede ser incrustado en aplicaciones autónomas; dichas aplicaciones pueden usarse por sí mismas o en entornos donde no hay una red disponible. Además dispone de un sistema de memoria muy potente.

II.2.6.4.1.- PostgreSQL

Es un sistema libre de gestión de base de datos objeto-relacional. Utiliza un modelo cliente servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema, por lo tanto un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando.

Este proyecto comenzó en 1996 y una de las características principales es que funciona muy bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios accediendo a la vez al sistema.

II.2.6.4.2.- JPA (Java Persistence API)

Es un framework del lenguaje de programación Java que maneja datos relacionales en aplicaciones usando la Plataforma Java en sus ediciones Standard (Java SE) y Enterprise (Java EE). (Oracle, S.F.).

Trabaja bajo el esquema ORM (Mapeo Objeto-Relacional), que permite un manejo de la base de datos mucho más organizado orientado a mapeo de objetos basado en sus relaciones, funciona como un puente entre la base de datos y la aplicación, el uso de JPA tiene como consecuencias un mantenimiento y gestión mucho más eficiente de la aplicación, ya que la misma se encarga de la gestión de la base de datos de manera transparente al programador, ahorrando en gran parte la necesidad de realizar de manera manual el establecimiento de la conexión entre la base de datos, desconexión y modificación de la misma.

JPA separa la funcionalidad del manejo de la base de datos permite al programador trabajar directamente con las entidades de las tablas manejando las mismas como objetos, por lo que ya no es necesario que el programador trabaje con los datos de manera aislada.

II.2.7.- Ambiente de Desarrollo.

En la actualidad existen diversos tipos de ambientes de desarrollo disponibles para las personas que se dedican a esta actividad. Para el caso de desarrollo de aplicaciones en la plataforma Java existen diversas herramientas, tanto de índole gratuito como comerciales. En esta última categoría se encuentran las siguientes:

- Eclipse
- Netbeans

II.2.7.1.1.- NetBeans

Netbeans es un ambiente de desarrollo integrado escrito en lenguaje Java, lo cual puede ser usado como un entorno genérico para construir cualquier tipo de aplicaciones. Netbeans IDE es un producto libre y sin restricciones de uso, fundado por Sun Microsystems en junio del año 2000, quienes fueron los principales patrocinadores del proyecto hasta enero del año 2010. (NetBeans, 2013)

Soporta muchos lenguajes, desde Java, C/C++, XML, HTML, PHP, Groovy, Javadoc, Javascript y JSP. También proporciona diferentes vistas de los datos a partir de múltiples ventanas y módulos útiles para la creación y gestión de aplicaciones, lo que permite que las aplicaciones basadas en NetBeans puedan ser comprendidas por otros desarrolladores rápidamente.

II.2.7.1.2.- Eclipse

Eclipse es una plataforma tecnológica para múltiples propósitos, escrito en su mayor parte en Java. Puede ser usado para crear herramientas en múltiples lenguajes de programación. (Dornin, Mednieks, Meike, & Nakamura, 2012)

Eclipse usualmente es usado como un entorno de desarrollo para escribir, probar y depurar *software* espacialmente los escritos en Java, aunque igualmente permite el desarrollo en lenguajes como: C, C++, PHP, Python, JavaScript, entre otros. El código base fue creado por IBM VisualAge. Al instalar Eclipse inicialmente solo incluye las herramientas para desarrollo en Java, los usuarios deben extender sus habilidades instalando los paquetes apropiados, escritos para la plataforma Eclipse.

II.2.7.1.3.- MySQL Workbench

MySQL Workbench es una herramienta unificada para arquitectos de bases de datos, desarrolladores y administradores. Este provee modelado de datos, desarrollo SQL, y una herramienta potente para configuraciones de servidores. (MySQL, 1997)

MySQL Workbench facilita a los desarrolladores herramientas visuales para crear, ejecutar y optimizar consultas SQL. El panel de conexiones de bases de datos

habilita a los diseñadores para manejar con facilidad las conexiones a las bases de datos. (MySQL, 1997)

III.- CAPITULO III

III.1.- Metodología

El presente Trabajo especial de grado se caracteriza por poseer la modalidad de “Proyecto Especial”. Este trabajo constara de dos metodologías: investigación científica e investigación de campo, teniendo gran énfasis en el desarrollo experimental del mismo. El trabajo se divide en las siguientes fases que incluye el desarrollo de las mismas para el cumplimiento de los objetivos planteados:

III.1.1.- Investigación Teórica

Para lograr un sistema de monitoreo de rendimiento físico para atletas de alto desempeño, se plantearon distintas fases que facilitaron el cumplimiento de cada uno de los objetivos, en primera instancia se realizó una investigación teórica, basada en los conceptos de telecomunicaciones que colaboran en la comprensión del presente trabajo especial de grado.

La recopilación de información conceptual se dividió en cuatro partes fundamentales las cuales se dividieron de la siguiente forma:

- Estudio de Parámetros de Rendimiento físico
- Estudio de Tecnologías Inalámbricas para medir tiempos de pruebas.
- Estudio de Componentes Electrónicos para sistema de ritmo cardiaco.
- Estudio de Lenguaje de Programación, base de datos y ambiente de desarrollo.

En primera instancia se estudiaron los parámetros que eran necesarios para la medición del rendimiento físico. Ritmo Cardiaco, rapidez, fuerza y movilidad, fueron los parámetros definidos para el desarrollo de esta fase, desarrollando características de los mismos y detallando la manera en la que se mide cada uno de ellos.

Con respecto al estudio de las tecnologías inalámbricas, se definieron aquellas que realizaban la comunicación como bien su nombre lo indica detallando las tecnologías, *Wi-Fi*, *Zigbee*, *RFID* y *Bluetooth*, resaltando características de cada una de ellas.

Luego se realizó un análisis de los componentes electrónicos, específicamente a las plataformas de desarrollos basadas en microcontroladores, entre tantas en el mercado se escogieron las siguientes a desarrollar; la plataforma Beagleboard, la placa Raspberry Pi y por último la placa Arduino.

Finalmente se investigó cual lenguaje de programación era el más idóneo para presentar una interfaz gráfica al usuario de forma amigable, intuitiva, sencilla de utilizar, y que fuera un lenguaje de programación abierto y versátil respecto a la compatibilidad, todas estas características arrojan como único resultado el lenguaje de programación Java, en el cual se basa la aplicación final a nivel de *software* del prototipo, y que ligado al lenguaje de base de datos *MySQL*, conforman la aplicación final al usuario.

III.1.2.- Selección de tecnologías.

Se realizó un estudio de los distintos componentes que integrarían el sistema de monitoreo, la selección de equipos y dispositivos a utilizar dependieron de los factores necesarios para responder a la problemática planteada, lograr una automatización del proceso de cronometraje de atletas, así como también obtener un sistema que le permita obtener los datos necesarios para el cálculo de los parámetros de rendimiento físico.

Una descripción general del sistema completo de rendimiento físico es, un sistema que permita medir tiempos en puntos específicos en un ambiente controlado, de forma simultanea precisa y automática, que estos puntos tengan distancias que puedan ser variables, además de esto que el sistema sea capaz de identificar a cada uno de los atletas de forma individual y separada, que la información de los tiempos detectados sea exclusiva del atleta. También se requiere que el sistema mida el ritmo cardiaco de cada uno de los atletas durante y después del ejercicio, por lo que debe tener el menor número de cables, tamaño y peso que sea posible, es requerido que este sistema de ritmo cardiaco no interfiera en la actividad física del atleta, una vez detectada que la información sea almacenada de alguna forma para luego ser procesada, este procesamiento de los datos se debe realizar en una aplicación de *software* capaz de manejar los datos de los tiempos y los datos del ritmo cardiaco de forma simultánea, que además se puedan configurar

datos del atleta como nombre, apellido, edad, sexo, foto, y que de forma gráfica e intuitiva se muestren los resultados de las pruebas realizadas por el mismo, ligado con el resultado de la respuesta cardiaca, y que el programa en función de todas estas variables, compare cada una de las pruebas para poder arrojar un resultado respecto al rendimiento físico del atleta, debe ser mostrado con graficas de barras y lineales para que un especialista del deporte pueda analizar estos elementos con mayor precisión.

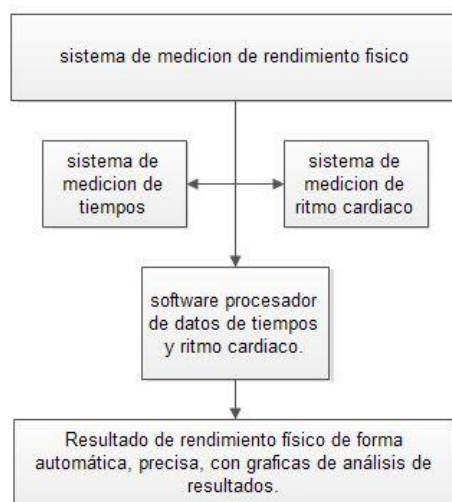


Gráfico 30 Diagrama de bloques general del sistema.
(Fuente propia).

Para llegar a la conclusión de cual tecnología seleccionar para cada uno de los bloques que conforman el sistema mostrado en el grafico anterior, se tomó la decisión en función de la investigación teórica realizada en la fase anterior de la cual se logró concluir que la tecnología a utilizar para el sistema de medición de tiempos es *RFID*, la tecnología a utilizar en el sistema de medición de ritmo cardiaco es un sistema de recepción y transmisión de pulsaciones completamente inalámbrico de marca polar, el cual almacena la información del ritmo cardiaco en una placa Arduino.

III.1.2.1.- Sistema de Medición de Tiempos

Respecto al sistema de medición de tiempos, se realizó un cuadro comparativo de las tecnologías inalámbricas (Ver Anexos) de las cuales se pudieron rescatar los siguientes aspectos. Las Tecnologías que se adaptan para realizar la medición en un

ambiente controlado y que los tiempos detectados estén ligados directamente al atleta son Zigbee y *RFID*. Si bien es cierto que Zigbee es un sistema en el que se le puede asociar un transmisor-receptor a cada atleta, siendo cada uno de ellos los nodos secundarios, y en la PC central teniendo un sistema transmisor-receptor como nodo principal, es posible asociar a cada atleta una identificación única y exclusiva para el mismo, sin embargo el problema se presenta es al momento de colocar los puntos de referencia, dado que en las pruebas de velocidad y en las pruebas de habilidad son necesarios dos puntos como mínimo de referencia para poder hacer una comparación de tiempos al momento de ser detectado el primero y el segundo, este tiempo diferencial junto con el valor de distancia que separa cada uno de estos puntos, es lo que arroja el valor de velocidad, a medida que el atleta aumente la velocidad está mejorando la misma, y cuando los tiempos disminuyan respecto a varias pruebas de habilidad quiere decir que el atleta está realizando la prueba en menos tiempo, por lo tanto su capacidad de habilidad ha aumentado.

Dicho esto, es necesario con tecnología Zigbee tener dos nodos principales como mínimo para poder tener dos puntos de referencia, y los nodos de los atletas como nodos secundarios, de modo que aumenta el procesamiento de los datos y la complejidad para poder definir las lecturas dado que el sistema puede confundir la lectura de un nodo principal con la del otro nodo principal debido al amplio rango de lectura.

Adicional a esto el otro problema fundamental que tiene Zigbee como aplicación de cronometraje de tiempos, es la poca precisión para detectar que el atleta pasó justamente por la línea de partida, esto debido al largo alcance que posee Zigbee y a su patrón de radiación omnidireccional. El hecho de que el alcance entre los nodos puede ser configurable de manera tal que el nodo secundario tenga que aproximarse al máximo a alguno de los nodos principales, reduce errores respecto a lecturas múltiples entre nodos principales respecto a un solo nodo secundario, no obstante, el patrón de radiación de Zigbee es omnidireccional y es un factor que no puede ser modificado, de modo que la lectura de Zigbee no será la más precisa debido a este fenómeno, el momento en el que el atleta se aproxime a un nodo principal con este patrón de radiación, puede provocar que el mismo sea leído unos metros antes de la línea de partida, lo que haría inexacta la prueba.

Es por esto que la tecnología *RFID* es la mejor para cumplir los requerimientos del sistema. *RFID* hace una relación directa entre el atleta y la aplicación por medio de los *Tags*, estos identifican exclusivamente a cada uno de los atletas, siendo cada uno de ellos independientes al momento de las lecturas, lo que da como resultado un sistema automático, simultáneo e independiente para cada uno de los atletas.

Es un sistema controlado ya que la colocación de las antenas es lo que determinan los puntos específicos de referencia, y la distancia puede ser configurable según los requerimientos del especialista en deporte. Respecto a la precisión de lectura, *RFID* tiene la ventaja que se puede trabajar con múltiples tipos de antenas *RFID* que tengan distintos patrones de radiación e incluso distintas formas geométricas, y de distintos lugares en los cuales pueden ser colocadas, siendo esto un factor fundamental para aumentar la precisión en la que el atleta pasa por el punto de referencia.

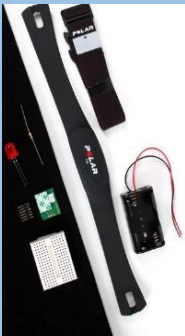
Adicional a esto existe una variada gama de *Tags RFID*, algunos pueden ser más precisos e incluso ser resistentes a factores climáticos como el agua o temperatura, al igual que las antenas y el lector *RFID*, siendo esto un factor fundamental para hacer de los sistemas *RFID* las herramientas ideales para la detección de tiempos en puntos específicos de forma automática, simultánea, precisa y con condiciones climáticas variables.

III.1.2.2.- Sistema de Medición de Ritmo Cardíaco

Respecto al sistema de medición de ritmo cardíaco, hay muchas formas de medir este parámetro a personas de una forma que no sea estática, es decir, que la persona este caso el atleta, pueda tener movilidad. Lo que determina cual es el mejor de todos es aquel que sea de menor tamaño, que tenga la menor cantidad de cables posibles, y que no cause molestias al atleta al momento de realizar la actividad física.

Los siguientes dispositivos de la tabla comparativa muestran las distintas formas de medir el ritmo cardíaco, de acuerdo al modelo, a su tamaño, a la forma de medición que define la cantidad de cables, ubicación del mismo en la persona, y el costo de la misma, dado que una forma de medición de rendimiento puede ser la más pequeña y óptima.

Cuadro 1 Comparación de tecnologías para medir ritmo cardiaco (fuente propia).

Modelo.	Dimensiones.	Forma de medición.	Ubicación en el atleta
e-Health Sensor Platform V2.0. 	3 x 0.8 x 2.5 pulgadas	Tres chupones electrodos conectados al atleta, enviando la información a la tarjeta.	Ubicación de la tarjeta a conveniencia, tres electrodos conectados con cables en el pecho y abdomen
Zephyr bioharness 	Correa X-M. 1 metro de largo aproximadamente	Detector inalámbrico en el pecho que va transmitiendo vía Bluetooth la información del ritmo cardiaco, posee su propio software de análisis.	En el pecho del atleta.
Receptor y transmisor polar. 	Correa al pecho 1 metro de largo aproximadamente Receptor 3x3cm	Detector inalámbrico en el pecho y receptor inalámbrico que envía una señal high cuando recibe un valor, debe ser configurado con programación para que sirva como medidor RPM	En el pecho del atleta y en hombro, brazo o espalda el receptor, el mismo va a conveniencia del atleta.

*en el caso del presente proyecto nuestro sistema se trabajó con Arduino, no es limitante trabajar con esta tecnología, a diferencia del e-Health Sensor que trabaja con Arduino y Raspberry exclusivamente

Según lo ilustrado en el cuadro anterior, el sistema que se descarta directamente es el primero, dado que usa cables en el atleta, estos cables son los electrodos que van midiendo la variación de corrientes eléctricas en el miocardio y así realizar la gráfica del electrocardiograma. Esto hace que el atleta posea elementos adicionales encima, lo que complica la realización del ejercicio.

El sistema Zephyr es ideal, dado que calcula adicional del ritmo cardiaco, factores biomédicos que pueden resultar importantes como la oxigenación del cuerpo, temperatura, presión arterial y numero de respiraciones, este a su vez posee una propia interfaz gráfica donde muestra todos los resultados obtenidos de forma sencilla y detallada, el gran problema de este sistema es su alto precio, siendo poco óptimo para esta solución que se requiere sea simultánea y no individual.

El mejor sistema para el presente proyecto es el sistema transmisor receptor Polar, ara por el hecho de poseer la cantidad mínima de cables, tener un tamaño reducido que no molesta al atleta al momento de realizar el ejercicio y su bajo coste, el detalle que presenta esta tecnología que a su vez es una ventaja, es que hay que realizar la configuración a nivel de programación en su máximo nivel, dado que el receptor lo único que hace es enviar un valor *high* cuando recibe una señal, por lo tanto hay que hacer el procesador en código de programa que sea capaz de analizar las pulsaciones y traducirlas a valores RPM. Esto es una gran ventaja dado que el sistema queda totalmente abierto a modificaciones por parte del diseñador, no está casado a ninguna tecnología, en este caso se hace uso de Arduino para que trabaje como procesador RPM y como medio de almacenamiento, pero lo más recomendable es que sea un circuito que abarque en un tamaño mínimo todos estos requisitos de procesamiento y almacenamiento.

Como resultado en esta fase se obtuvo la selección de los equipos y dispositivos que mejor se adaptaron al diseño e implementación del prototipo, para ello se aplicó los conocimientos adquiridos en la fase anterior de los distintos temas estudiados, y así lograr una integración de todos los componentes del sistema, de igual manera se estudió que los equipos y dispositivos deben ofrecer las bondades necesarias para la mejor obtención de datos

III.1.3.- Diseño del sistema de medición de tiempos

Para realizar un diseño del sistema de medición de tiempos, fue necesario escoger la tecnología inalámbrica que cumpla este requisito, siendo *RFID* la tecnología seleccionada, es de suma importancia escoger cada uno de los componentes que mejor se adapten al prototipo que se diseñó.

Por lo tanto escoger cada uno de los componentes del sistema *RFID* son factores que harán al sistema de medición el más óptimo, es importante recordar de la investigación teórica que los elementos fundamentales de un sistema *RFID* son:

1. Lector.
2. *Tags*.
3. Antenas
4. Cables.

Por lo tanto es necesario escoger el mejor de cada uno de los componentes según los requerimientos del prototipo.

III.1.3.1.- Selección del lector.

El mejor lector para esta aplicación requiere de un largo alcance, que posea lectura de *Tags*, cabe destacar que no es necesario que posea escritura aunque muchos de los lectores traen consigo esta característica, que la fuente de alimentación sea por baterías o que en su defecto sea por medio de *Power Over Ethernet* dado que los *Access Point* son de fácil acceso a la conexión, que además posea una alta velocidad en la zona de lectura de los *Tags*, de modo que si una persona pasa corriendo, él pueda detectar fácilmente la lectura.

También se requiere que posea resistencia a condiciones climáticas no favorables dado que es un sistema de monitoreo que esta al aire libre de modo que se puede presentar en alguna prueba una condición climatológica desfavorable, adicional a esto se necesita que sea capaz de leer al mismo tiempo una gran cantidad de *Tags*, dado que la simultaneidad en este sistema es un factor fundamental, también es importante escoger un lector que sea recomendado para aplicaciones deportivas.

El siguiente cuadro muestra una comparación entre todos los lectores más recomendados en aplicaciones deportivas y que cumplen la mayoría de los requisitos descritos anteriormente.

Características	<i>Impinj Speedway Revolution R420</i>	<i>ThingMagic M6</i>	<i>Alien ALR-9900</i>
Frecuencia	902– 928 MHz	902– 928 MHz	902– 928 MHz
Protección	IP 52	IP 52	IP 53
Conectores de Comunicación	RS-232(DB-9), TCP/IP (RJ-45)	RJ-45, USB	RS-232(DB-9), TCP/IP (RJ-45)
Alimentación	PoE(802.3af), +24 VDC	PoE(802.3af), 10-30 VDC	AC/DC 120- 240 VAC
Antenas	4 puertos (RP TNC)	4 puertos (TNC)	4 puertos (RP TNC)
Lenguaje de programación	SDKJava and .NET APIs	Java, C, .NET	SDKJava and .NET APIs
Prestaciones Adicionales	Piloto automático: el lector se configura automáticamente para un mejor rendimiento, configuración automática, <i>software MultiReader</i> .	Posee <i>Wi-Fi</i> integrado, posee un conector para una antena <i>Wi-Fi</i> para ampliar el rango de cobertura, puede leer más de 700 <i>Tags/s</i> .	Construido para desarrollo experimental, capacidad de rechazar el ruido, posee alta tasa de lectura.
Costos	Medio	Bajo	Alto
Potencia de Salida (RF)	PoE	+30 dBm	Max 4 W(35 dBm) en EIRP
	DC	+32,5dBm	

Cuadro 15 Comparación de lectores RFID
Datos tomados de (Atlas *RFID*; 2014). Fuente propia.

III.1.3.2.- Selección de Tags.

El mejor tag para este proyecto es aquel que posea un tamaño moderado, que sea cómodo para el atleta al momento de ser colocado, que tenga un rango de alcance relativamente amplio, que sea resistente a condiciones climáticas y condiciones que por efecto del deporte son normales como resistencia a la sudoración, resistencia al agua y a variación de temperaturas, es necesario además de esto que soporte EPCgen2 para mayor compatibilidad, que trabaje en el rango de frecuencias de 902– 928 MHz que es el rango de cualquier de los tres lectores del cuadro anterior,

así como en la escogencia del lector, es necesario que sean *Tags* que sean recomendados para aplicaciones de carreras y ejercicios. De modo que es necesario un tag pasivo pero que posea un buen alcance, aproximadamente 5 metros de alcance, que sea de un tamaño pequeño y que no moleste al atleta, que su frecuencia se encuentre en el rango de 902– 928 MHz, soporte EPCgen2 y que sea recomendado en aplicaciones deportivas.

III.1.3.3.- Selección de las antenas.

La selección de las antenas se resumen a escoger unas antenas que tengan un buen alcance, que adicional a esto puedan leer *Tags* en distintas posiciones, dado que los deportistas se encuentran en constante movimiento y por lo tanto la posición del tag no es fija, que además de esto tenga una ubicación que asegure la máxima lectura, y que además sea cómoda para el atleta realizar la actividad deportiva de forma simultánea, que además de esto soporte condiciones climáticas desfavorables, que sean antenas que trabajen a la frecuencia de los lectores nombrados en la primera selección. Por lo tanto es requerido una antena con polarización circular dado que este patrón de lectura permite leer simultáneos *Tags* en distintas posiciones, también que el rango IP sea un valor alto para que determine una mayor resistencia de condiciones climáticas, la ubicación de la antena se requiere que sea una antena tipo alfombra garantizando la total lectura de los *Tags* al momento de pasar los atletas, adicionalmente a esto estas antenas son recomendadas por su elevado uso en actividades deportivas.

III.1.3.4.- Selección del cable.

El cable en el cual esta interconectado el sistema completo, presenta un gran problema al momento en que la distancia aumenta, dado que las pérdidas por metro del cable hacen que el sistema reduzca su eficiencia, sin embargo es posible disminuir estas pérdidas usando un cable de mejores prestaciones, que posean un mayor grosor y acabado en el cobre especializado para este tipo de aplicaciones, también el tipo de cable es seleccionado acorde a la antena que se está utilizando. Dicho esto y según el arreglo del prototipo el cable más ideal puede ser seleccionado. (Ver cuadro 16).

Cable	LMR-195	LMR-240	LMR-400	LMR-600
Loss per 100 ft in dB @ 900 MHz	11.1	7.6	3.9	2.5
Cable Length				
0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.6	0.4	0.2	0.1
10	1.1	0.8	0.4	0.3
15	1.7	1.1	0.6	0.4
20	2.2	1.5	0.8	0.5
25	2.8	1.9	1.0	0.6
30	3.3	2.3	1.2	0.8
35	3.9	2.7	1.4	0.9
40	4.4	3.0	1.6	1.0
45	5.0	3.4	1.8	1.1
50	5.6	3.8	2.0	1.3
55	6.1	4.2	2.1	1.4
60	6.7	4.6	2.3	1.5
65	7.2	4.9	2.5	1.6
70	7.8	5.3	2.7	1.8
75	8.3	5.7	2.9	1.9
80	8.9	6.1	3.1	2.0
85	9.4	6.5	3.3	2.1
90	10.0	6.8	3.5	2.3
95	10.5	7.2	3.7	2.4
100	11.1	7.6	3.9	2.5
105	11.7	8.0	4.1	2.6
110	12.2	8.4	4.3	2.8
115	12.8	8.7	4.5	2.9
120	13.3	9.1	4.7	3.0
125	13.9	9.5	4.9	3.1
130	14.4	9.9	5.1	3.3
135	15.0	10.3	5.3	3.4
140	15.5	10.6	5.5	3.5
145	16.1	11.0	5.7	3.6
150	16.7	11.4	5.9	3.8
155	17.2	11.8	6.0	3.9
160	17.8	12.2	6.2	4.0
165	18.3	12.5	6.4	4.1
170	18.9	12.9	6.6	4.3
175	19.4	13.3	6.8	4.4
180	20.0	13.7	7.0	4.5

Cuadro 16 valores de pérdidas en distintos tipos de cables y longitudes.
Tomado de (AtlasRFID, s.f.)

Por lo tanto es necesario escoger según la distancia que existe entre cada una de las antenas, el cable que posea la menor perdida por longitud para que el sistema se mantenga óptimo.

III.1.4.- Diseño del medidor de ritmo cardiaco.

En la fase de selección de tecnologías se escogió los componentes del sistema de medición de ritmo cardiaco, de los cuales se resaltan en este apartado nuevamente, para el diseño de este sistema de medición es necesario:

1. Medidor ECG que transmita de forma inalámbrica.
2. Receptor de la señal ECG.
3. Procesador de señales entrantes.
4. Memoria de almacenamiento de valores del ritmo cardiaco.

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

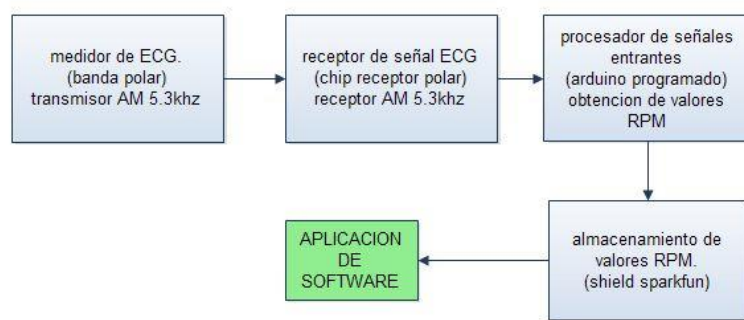


Gráfico 31 Diagrama explicativo de medidor del ritmo cardiaco.
(Fuente propia).

Conocidos los componentes del sistema de medición de ritmo cardiaco, el diagrama de bloques anterior resume cada uno de los componentes del sistema, así como de la función básica que posee cada uno.

El siguiente grafico muestra cada uno de los componentes físicos del diagrama de bloques, mostrando cada uno de los componentes reales del sistema a excepción de la aplicación de *software*.

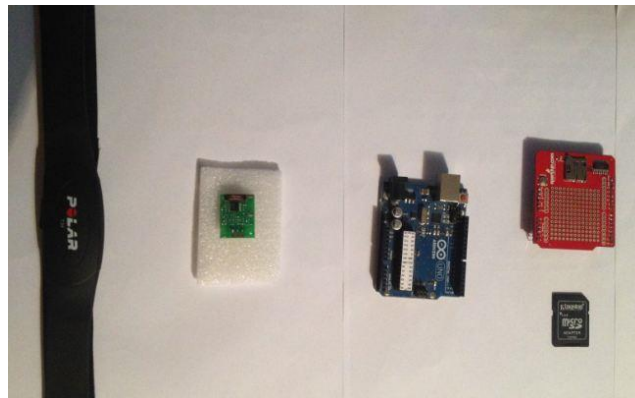


Gráfico 32 Componentes del sistema de ritmo cardiaco.
(Fuente propia).

El medidor del ECG es una banda de marca Polar que posee dos electrodos que se encargan de recibir la diferencia de potencial generada por los músculos que componen el miocardio, de este modo esta señal es transmitida de forma inalámbrica por la misma banda usando modulación AM a una frecuencia de 5.3 KHz.

Posteriormente un chip receptor polar que se encarga de recibir la señal AM proveniente del transmisor, esta señal es demodulada en amplitud modulada, adicionalmente este integrado envía por uno de los pines de salida un valor 1 lógico

cuando recibe una pulsación, de modo que este sistema hay que establecerle un tipo de procesamiento para poder traducir toda esta información recibida. En función de los valores de voltaje alto que son recibidos, la placa Arduino se encarga de procesar estos valores por medio de un programa, que fue codificado y configurado en el Arduino en el presente proyecto, que es el encargado de calcular los valores RPM en función del retardo que hay entre cada uno de ellos.

```
if ((pulsaciones > 1) && (bandera != 1) && (control == 0))  
{  
  frecuencia = (60000 / periodo);  
  if ((frecuencia >= 40) && (frecuencia <= 220))  
  {  
    Serial.println(frecuencia);  
    File dataFile = SD.open("ritmo.txt", FILE_WRITE);  
  
    if (dataFile) {  
      dataFile.println(frecuencia);  
      dataFile.close();  
    }else{  
      Serial.print("Error al abrir el Archivo");  
    }  
    bandera = 1; //Puts the one time flag to 1  
  }else{  
    Serial.println("Ocurrio un error");  
  }  
  
  digitalWrite(4, LOW);  
}else{
```

Gráfico 33 Procesamiento de datos en Arduino
(Fuente propia).

Una vez calculado un valor RPM, este valor es enviado a una fuente de almacenamiento, la cual es una tarjeta SD que es escrita gracias a un Shield SD sparkfun, esta escritura fue programada de forma tal que se separen las mediciones del atleta en plena actividad física y justo después de finalizado el entrenamiento para poder determinar el tiempo de recuperación, todo esto realizado bajo el lenguaje de programación de Arduino. Luego que es almacenado este valor RPM, este proceso se repite periódicamente para cada par de pulsaciones recibidas en el dispositivo, una vez culminado el ejercicio se integra toda la información de ritmo cardiaco en la aplicación de *software* para su posterior análisis junto a los valores de tiempos medidos en el sistema respectivo para esa tarea.

III.1.5.- Selección de Lenguaje de Programación y Base de Datos

Para el sistema propuesto en el presente trabajo se realizó el estudio de diferentes lenguajes de programación especialmente entre Java y Visual Basic, los cuales son los más utilizados a nivel mundial para el desarrollo de aplicaciones.

La escogencia de un lenguaje de programación no viene dado por que alguno de los dos sea mejor que otro, simplemente se ve influenciada por los requerimientos

y necesidades que posea la aplicación que se desea desarrollar. En términos generales Java es el lenguaje líder mundial en desarrollo, gracias a numerables ventajas que ofrece, una de ellas es la escalabilidad que posee Java, debido a que es un lenguaje de multiplataforma, a diferencia de Visual Basic que solo está destinado a ser implementado en plataformas Microsoft.

Si bien es cierto que Java es considerado complejo comparado con Visual Basic, es necesario recalcar la cantidad de herramientas que posee el mismo, ya sean librerías, compiladores y en si su funcionamiento.

Para la escogencia del lenguaje, se dividieron los distintos factores que se debieron estudiar para desarrollar la aplicación, los cuales fueron los siguientes: Procesamiento de Datos, Almacenamiento y Manejo de los mismos y finalmente desarrollo de una interfaz gráfica amigable que permita mostrar los resultados de manera óptima y amigable al usuario.

Con lo mencionado anteriormente se analizaron cada una de las características que ofrecen los lenguajes estudiados que ligadas a las necesidades del presente proyecto dieron como resultado la escogencia del lenguaje de programación basado en los siguientes objetivos:

- Establecer una conexión entre la aplicación y los diferentes sistemas (medición de tiempo con *RFID* y medición de Ritmo Cardíaco con Polar).
- Almacenar la información recolectada por los dos sistemas descritos anteriormente.
- Procesar la información de manera óptima y rápida.
- Mostrar los resultados de manera gráfica, para el posterior análisis de los mismos.

Basados en los requerimientos descritos anteriormente se seleccionó Java como el lenguaje idóneo para desarrollar la aplicación del sistema propuesto.

Para la gestión de la base de datos se encontraron diversas herramientas entre las cuales destacan *MySQL* y *PostgreSQL*, ambas poseen características excelentes para el manejo de base de datos, sin embargo un factor que se debe rescatar y motivo

por el cual se seleccionó *MySQL* como gestor, es el alto rendimiento que posee a la hora de realizar consultas, es 3 veces más rápido que *PostgreSQL*. Causa determinante para su escogencia, ya que para la aplicación del sistema es necesario consultas de manera eficiente y rápida a la base de datos para el almacenamiento y modificación de la información recolectada.

El entorno de desarrollo de Java seleccionado fue NetBeans, la escogencia se vio determinada por la potencia que posee el mismo para realizar aplicaciones con interfaz gráfica. Otro factor determinante que aunque no es de gran relevancia es el hecho de poseer conocimiento previo de la herramienta a utilizar.

De igual manera se seleccionó la herramienta *Workbench* de *MySQL*, para la elaboración de la base de datos. La cual nos permite una interfaz gráfica bastante completa para el desarrollo de la misma, exponiendo en detalle los tipos de relación que se pueden utilizar e igualmente definir las tablas que se utilizaran. Esto se conoce como la elaboración del Diagrama de Entidad- Relación.

III.1.6.- Desarrollo de la Aplicación

En esta etapa de la metodología se describe los distintos conceptos y herramientas que se utilizaron para el desarrollo de la aplicación, la misma se dividió en dos partes fundamentales para su correcto diseño y elaboración.

III.1.6.1.- Elaboración de la Base de Datos

Para la elaboración de la base de datos se realizó un estudio previo evaluando las características que debía de poseer la misma, logrando así un diseño preliminar basado en los diferentes factores que inciden en el funcionamiento de la aplicación, dichos factores a efectos prácticos y en términos correcto se les denomina entidades, las cuales representaran un ente que cumple una función específica dentro de la aplicación.

Basado en lo mencionado anteriormente surgió la necesidad de elaborar las siguientes entidades:

- **Atleta:** entidad que identifica el atleta que realiza la prueba de rendimiento. Sus características: identificador de lista de atleta, nombre, apellido, edad,

sexo y foto. De igual manera está asociada con la entidad etiqueta, lo que permitirá identificar al atleta gracias a la tecnología *RFID*.

- **Etiqueta:** identificara a los *Tags* asociados a cada atleta, tiene como características un identificador de la lista de etiqueta, el código *RFID* y un número asociado impreso en la misma para control externo.
- **Prueba Ejecutada:** esta entidad identifica las pruebas ejecutadas por cada atleta, posee las siguientes características: identificador de lista de prueba ejecutada, fecha de elaboración, velocidad, tiempo inicial, tiempo medio, tiempo final, tiempo de prueba y distancia. Igualmente tiene asociado al atleta que realizo la prueba y tiene la prueba a la que se le atribuirá la prueba ejecutada.
- **Prueba:** llevara la identificación de cada bloque de pruebas, teniendo consigo las siguientes características: identificador de lista de prueba, el nombre de prueba y el tipo de prueba realizada.
- **Tipo de Prueba:** tendrá la función de identificar qué tipo de prueba se realizara, sus características son las siguientes: identificador de lista de tipo de prueba y nombre.
- **Ritmo Cardíaco:** entidad encargada de identificar el ritmo cardíaco que posee cada prueba ejecutada, posee las siguientes características: identificador de lista de ritmo cardíaco, valor del ritmo cardíaco y tendrá relacionada la prueba ejecutada a la cual se le atribuye el ritmo cardíaco.

Establecidas las entidades se procedió a la realización del diagrama de entidad-relación con el fin de establecer las tablas que contendrá la base de datos. Para ello se hizo uso de la herramienta *Workbench* de *MySQL*, en la cual se diseñaron las siguientes tablas:

- **Atleta:** esta tabla contiene las características mencionadas anteriormente y adicionalmente posee las siguientes relaciones: relación *uno a muchos* con la tabla de prueba ejecutada, lo que indica que un atleta puede realizar muchas pruebas.

- **Etiqueta:** posee una relación *uno a muchos* con la tabla de atletas, lo que señala que una etiqueta puede ser asignada a varios atletas, sin embargo cabe destacar que dentro de una sesión de entrenamiento la etiqueta no puede ser utilizada por dos atletas a la vez. Igualmente posee los atributos mencionado anteriormente.
- **Prueba_Ejecutada:** mantiene una relación *muchos a uno* con la tabla de prueba, señalando que varias pruebas ejecutadas recaen sobre una misma prueba. Adicional posee los atributos mencionado anteriormente.
- **Prueba:** posee una relación *muchos a uno* con la tabla de tipo de prueba, lo que significa que muchas pruebas recaen sobre un solo tipo. También posee las características mencionadas anteriormente.
- **Tipo_Prueba:** esta tabla contiene las características mencionadas previamente, su función determinar qué tipo de pruebas de rendimiento físico se pueden realizar.
- **Ritmo_Cardiaco:** posee los atributos mencionados previamente, de igual manera mantiene una relación de *uno a uno* con la tabla de prueba_ejecutada lo que indica que un solo ritmo puede estar relacionado con una sola prueba ejecutada.

Luego de realizado el diagrama de entidad-relación, workbench posee una herramienta que crea automáticamente la base de datos en el servidor *MySQL*.

III.1.6.2.- Elaboración de la Aplicación

En la presente etapa se realizó la aplicación, utilizando el lenguaje de programación java. En resumen la función de la misma es generar un registro de las actividades físicas realizadas por una cantidad de atletas para luego procesar los datos adquiridos y en conclusión poder arrojar el estado del rendimiento físico en el cual se encuentra el atleta. Con base en las necesidades planteadas anteriormente se podrían definir para la aplicación las siguientes funciones:

- Establecer conexión con el lector *RFID*.
- Registrar los atletas que participaran en las pruebas, agregando a cada uno un *tag RFID* y almacenar en la base de datos.

- Realizar las distintas pruebas de rendimiento (Velocidad, Resistencia y Habilidad). Almacenar cada una de ellas en la base de datos.
- Capturar los tiempos, de cada una de las pruebas para posteriormente calcular la velocidad y distancia recorrida en el caso de la resistencia.
- Cargar el ritmo cardiaco perteneciente a cada prueba ejecutada y guardarlo en la base de datos.
- Consultar el estado del rendimiento físico de cada atleta, consultando a la base de datos y realizando comparaciones de las distintas pruebas realizadas por el mismo.
- Mostrar los resultados de cada una de las pruebas realizadas por cada atleta, de manera gráfica, tomando como valor el resultado característico de cada tipo de prueba (Velocidad, distancia y tiempo).

Para cumplir con cada una de las funciones descritas anteriormente se diseñó una aplicación basada en el esquema Modelo-Vista-Controlador, la cual se dividió tal como lo describe el cuadro 17.

Aplicación de Rendimiento Físico	
Paquetes	Clases
Edu.ucab.tesis	Main
Edu.ucab.tesis.RFID	ConectarLector DescubrirLector LeerEtiqueta ObtenerTagList
Edu.ucab.tesis.controlador	CronometrajeDepruebasControlador DesempeñoAtletaControlador EntrenamientosAnterioresControlador ObtenerTagListControlador PruebaEjecutadaControlador RegistroAtletasControlador RegistroEtiquetasControlador TipodePruebaControlador VerAtletasControlador VerDetallesControlador
Edu.ucab.tesis.entidad	Atleta Etiqueta Prueba PruebaEjecutada RitmoCardiaco TipoPrueba
Edu.ucab.tesis.jpaa	AbstractFacade AtletaJpaController EtiquetaJpaController

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO
DESEMPEÑO.

	PruebaJpaController PruebaEjecutadaJpaController RitmoCardiacoJpaController TipoPruebaJpaController
Edu.ucab.tesis.utilidades	ParametrosLector Utilidades
Edu.ucab.tesis.vista	CronometrajeDePruebas PruebadeHabilidadFrame PruebadeResistenciaFrame PruebadeVelocidadFrame RealizarPruebasdeRendimientoFrame RegistroAtletasFrame SalaPrincipalFrame
Edu.ucab.tesis.dialogos	ConectarLectorDialog CurvaFrecuenciaCadiacaDialog DesempeñoAtletaDialog EntrenamientosAnterioresDialog VerAtletasDialog VerDetallesDialog

Cuadro 17 Distribución de Paquetes y Clases Aplicación de Rendimiento Físico.
(Fuente Propia)

La aplicación contiene un total de 43 clases distribuidas como se muestra en el cuadro anterior, divididas por su función tal como los describe el esquema de modelo-vista-controlador ver gráfico 34.

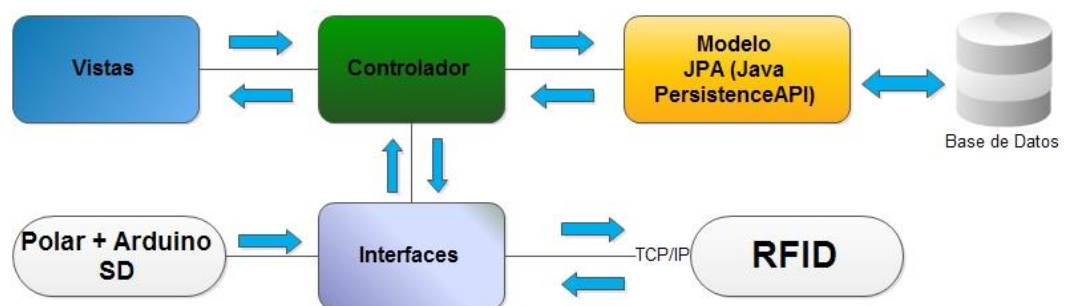


Gráfico 34 Esquema de la Aplicación de Rendimiento Físico.
(Fuente Propia).

En función de realizar un resumen de las clases más relevantes que cumplen con el funcionamiento de la aplicación tenemos las siguientes:

ConectarLector.java

Clase dedicada a conectar el lector, obtiene los parámetros necesarios para establecer la conexión, obtenidos desde la vista de esta clase ConectarLectorDialog.java. Los parámetros necesarios para conectar el lector son los siguientes: *user*, *password*, dirección IP y puerto de conexión.

RegistroAtletasFrame.java

Esta clase está definida para tomar los datos introducidos por el usuario y registrar a cada atleta que participara en las pruebas de rendimiento, esto lo hace en conjunto con la clase que almacena dichos datos en la base de datos que lleva por nombre `AbstracFacade.java` la cual genera un nuevo registro utilizando la herramienta JPA para establecer la comunicación con la base de datos, esto lo logra gracias a el manejo de las entidades.

Detrás de `RegistroAtletasFrame.java` se ejecuta la detección del tag *RFID* que se le asignara al atleta, esto es logrado gracias a la clase `LeerEtiqueta.java`.

RealizarPruebasdeRendimientoFrame.java

Clase de vista que permite la selección de la prueba de rendimiento que se desea realizar, el usuario tiene la libertad de seleccionar entre las 3 pruebas que se plantearon anteriormente (Velocidad, Resistencia y Habilidad). Cada prueba presenta su clase, en donde el usuario será capaz de indicarle a la aplicación los parámetros de dicha prueba, para velocidad y habilidad la distancia del circuito donde se realizara y en resistencia el tiempo de duración y dimensiones del área donde se llevara a cabo.

CronometrajeDePruebas.java

Esta clase realiza una de las tareas más importantes de la aplicación, es la encargada de iniciar el hilo que se encarga de capturar los tiempos detectados por el lector *RFID*. De igual forma muestra de manera progresiva y en tiempo real el estado de los atletas en prueba, posteando en una tabla los tiempos que se van capturando. Interfaz gráfica para mostrar los datos del atleta que se seleccione en la tabla, muestra la hora y fecha actual corriendo en un hilo aparte.

ObtenerTagList.java

Contiene las configuraciones que se le deben hacer al lector para que funcione de manera correcta en cada prueba, es la clase que actúa detrás de la mencionada anteriormente; encargada de preguntar al lector si ha leído o no algún tag mientras la prueba se encuentre activa. De detectar algún tag la clase almacena la lectura

obtenida en la base de datos como una entidad de prueba Ejecutada, con ayuda de la clase *AbstracFacade.java*, y posteriormente actualiza la tabla presente en ella con los datos que se encuentren en la base de datos haciendo uso de la clase *PruebaEjecutadaJpaController.java*.

Esta clase también es la encargada de realizar los cálculos pertinentes para obtener la velocidad, la distancia en el caso de la prueba de resistencia y el tiempo de cada prueba.

EntrenamientosAnterioresDialog.java

Una vez finalizadas las pruebas es necesario cargar los archivos que contienen la información del ritmo cardiaco medido con el polar. Esto es logrado gracias a esta clase, la cual contiene un panel de Selección de Archivos con un filtro que solo permite observar los elementos con la siguiente extensión (.txt), esto es gracias a que el Arduino almacena la información en una microSD que es introducida al equipo que este corriendo la aplicación. Una vez seleccionado el archivo, es almacenado en la base de datos por la clase *AbstracFacade.java*.

DesempeñoAtletaDialog.java

Clase encargada de mostrar todas las pruebas realizadas por el atleta, al hacer click en cada prueba se despliegan en distintos elementos del dialog los valores recolectados de la base de datos que contiene esa prueba, entre ellos están velocidad, tiempo de prueba, promedio de RPM durante prueba y promedio de RPM después de la prueba y adicionalmente se muestra la curva de frecuencia cardiaca que obtuvo el atleta en esa prueba. También es capaz de calcular un resumen del rendimiento físico del atleta realizando una comparación de los parámetros de la última prueba ejecutada y la primera.

VerDetalleDialog.java

En la clase anterior existe la posibilidad de poder observar en más detalle el desempeño del atleta, una vez que el usuario hace click en dicha función se despliega una ventana perteneciente a *VerDetallesDialog.java*. En dicha ventana se muestran todas las pruebas que el atleta ha realizado de manera gráfica, haciendo uso de la librería *JfreeChart* se muestran los resultados de cada una de las pruebas

separadas por tipo, e igualmente se hace un gráfico en el cual se muestran las curvas de frecuencia cardiaca de la última prueba y la primera de cada tipo. Igualmente se calcula un resumen del estado del ritmo cardiaco del atleta mediante comparación.

Finalmente basado en los resultados obtenidos la aplicación es capaz de arrojar mensajes sobre el rendimiento físico del atleta en estudio.

III.1.6.2.1.- Librerías Utilizadas en el desarrollo de la aplicación

Para el desarrollo óptimo de la aplicación fue necesario el uso de algunas librerías que no están incluidas en JDK de java, cada una de las librerías que se agregaron a la aplicación fueron de vital importancia para el funcionamiento de la misma.

AlienRFID

Esta librería contiene todo lo necesario para el desarrollo de aplicaciones en java que utilicen el lector *Alien RFID*. Posee las clases y métodos necesarios para establecer las conexiones con el equipo, y poder aprovechar las distintas bondades que ofrece el lector. Está dividida en 6 paquetes que describen las funcionalidades del lector: *reader*, *discovery*, *externalio*, *notify*, *Tags* y *util*. Cada una con clases distintas que realizan las funciones del lector.

JCalendar

Debido a que la aplicación trabaja con una gran cantidad de variable que dependen del tiempo, fue necesario incluir dentro de la misma la librería *JCalendar*, la cual ofrece al usuario herramientas gráficas para seleccionar fechas y ayuda al programador a mantener los formatos en el cual se expresaran los tiempos.

JFreeChart

La manera en la cual se muestran los resultados dentro de la aplicación es haciendo uso de gráficos de varios tipos, ya sean de líneas o de barras; *JFreeChart* es la librería por excelencia que posee las clases y métodos para realizar gráficos en una gran cantidad de tipos, su versión más reciente ya está trabajando con gráficos 3D. Brindando al programador una herramienta de bastante potencia para el

desarrollo de gráficos dentro de aplicaciones java, sin tener que hacer uso de otra como por ejemplo Excel.

III.1.7.- Diseño y realización de Pruebas.

Fase que contemplo el diseño y realización de las pruebas para la medición de parámetros que permitan obtener el rendimiento físico de los atletas involucrados. Dichas pruebas están compuestas por ejercicios específicos los cuales son necesarios para obtener los distintos parámetros. Dependiendo de los resultados que arrojen dichas pruebas, se podrán hacer correcciones o ajustes con respecto al prototipo y al arreglo propuesto de la tecnología inalámbrica.

Para ello se diseñaron las siguientes pruebas para comprobar el funcionamiento del sistema piloto basado en las distintas fases de funcionamiento que se describieron anteriormente:

- Pruebas de simulación de Entrenamiento Físico, haciendo uso de la herramienta RIFIDI como lector virtual de *RFID*, con el objetivo de comprobar el comportamiento de la aplicación desarrollada.
- Pruebas de emulación de entrenamientos de rendimiento físico para comprobar el funcionamiento de cada una de las etapas de la aplicación.

IV.- CAPITULO IV

IV.1.- Resultados

Continuando con el desarrollo de las fases establecidas en la metodología, en el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos específicos de la presente investigación, haciendo referencia a cada una de las fases del capítulo anterior.

En aspectos generales se logró obtener un sistema de monitoreo de rendimiento físico que permite al especialistas en la materia, determinar la condición física del atleta realizando pruebas que arrojen los datos necesarios para poder calcular los parámetros que determinan este elemento tan importante en el ámbito deportivo. Brindando al usuario final una interfaz que permite expresar los resultados de manera gráfica e intuitiva para su posterior análisis.

IV.1.1.- Analizar qué tecnología Inalámbrica es la más adecuada a los requerimientos técnicos para la presente investigación.

En función de la primera fase de investigación teórica y apoyada en la segunda fase del capítulo anterior, se obtuvo como resultado que la tecnología inalámbrica para la medición de tiempos es *RFID*, para observar información más detallada en el apartado de anexos se encuentra un cuadro comparativo de las tecnologías inalámbricas estudiadas. En el caso del sensor de ritmo cardiaco también hay interacción de tecnología inalámbrica, dado que el transmisor y receptor polar se comunican por modulación AM a una frecuencia de 5.3khz, siendo estos los componentes inalámbricos requeridos técnicamente para la realización óptima del sistema.

En referencia a la tercera fase, el sistema *RFID* ideal está conformado por los siguientes componentes:

IV.1.1.1.- Lector Impinj Speedway Revolution R420.

Fue seleccionado como el equipo ideal para el desarrollo del Sistema de monitoreo (Ver Gráfico 35), posee una diversidad de prestaciones que se acoplan al máximo para el desarrollo del prototipo, una de ellas es la autoconfiguración, es una ventaja sobre los demás lectores, ya que posee un sistema inteligente que varía

la configuración del mismo dependiendo de la exigencia sobre la cual este trabajando. Otro factor que no se debe pasar por alto aparte de las características técnicas que posee el lector, es la frecuente utilización del mismo en aplicaciones ya existentes directamente relacionadas con el cronometraje de eventos deportivos como maratones de carreras, debido a su versatilidad en el aspecto de la alimentación, que puede ser mediante *PoE (Power over Ethernet)*, o mediante el uso de baterías externas con un tiempo de duración muy considerable hace de este lector la opción ideal. Adicional a otros elementos como la compatibilidad con el lenguaje de programación java, el grado de protección IP 52, la frecuencia de operación y costo.



Gráfico 35 Lector ideal para el sistema
Tomado de (Impinj).

IV.1.1.2.- Tags pasivos UHF Sports Armband-38.

Los *Tags UHF Sports Armband-38* son los más ideales para el presente proyecto dado que poseen el tamaño adecuado para la mayor comodidad del atleta con unas dimensiones de 40mm por 24mm, trabajan a la misma frecuencia que el lector recomendado descrito anteriormente en el rango *UHF* de 860~960MHz, son resistentes al agua con un grado IP ideal que es *Waterproof* IP 68, son reutilizables al igual que cuentan con una garantía de 100.000 veces de lectura y escritura, poseen anticolidión lo cual es ideal para el sistema dado que varios atletas pasan por el mismo punto de control, resiste variaciones de temperatura comprendidas entre -40° C hasta 100° C,. A pesar de ser pasivos son *Tags* que poseen un alcance de 9 metros como máximo, lo cual a efectos del sistema es una distancia muy conveniente para que el atleta sea cronometrado en los puntos de control satisfactoriamente.



Gráfico 36 TAG UHF Sports Armband-38
Tomado de (RFID in china)

IV.1.1.3.-Antena SlimLine A6590C Times-7 UHF.

El modelo de antenas *SlimLine A6590C* de la empresa times-7 es la opción certera e ideal para el presente proyecto, combinando lo mejor de los elementos requeridos para la misma, con unas dimensiones de 915 mm x 305 mm x 8 mm garantizan que atletas de forma simultánea puedan realizar el ejercicio cómodamente, cubierta con un material de alto impacto denominado *Kydex*, el cual es a prueba de fuego, con un grado IP de 65 siendo totalmente resistente al polvo y en la cual resiste una cantidad de agua de 12.5 litros por minuto como garantía de que el equipo no sufrirá ningún daño, resiste temperaturas en el rango de los 20° hasta +55°C. Posee una ganancia muy conveniente de 9DB. La frecuencia en la que opera esta antena es de 902 – 928 MHz en la banda *UHF* siendo compatible con los dos elementos anteriores.

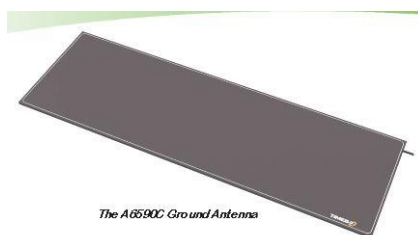


Gráfico 37 Antena UHF SlimLine – A6590C
Tomado de (times-7 antennas)

La característica más resaltante de esta antena es la polarización circular que posee, dado que esto asegura en su totalidad, la lectura de los atletas, debido a que no es manejable la posición del *tag* respecto al momento de lectura de la antena porque el atleta se encuentra en constante movimiento, la posición del *tag* es variable y aleatoria, siendo la polarización circular hace que mejore la lectura dado

que esto permite ser leído en distintas posiciones de referencia entre el *tag* y la antena.

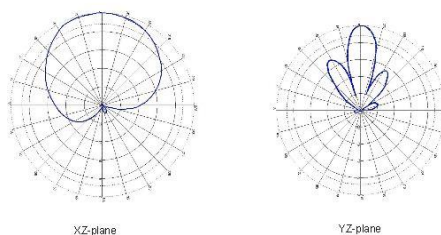


Gráfico 38 Polarización de antena SlimLine – A6590C
Tomado de (times-7 antennas)

IV.1.1.4.-Cables Times Microwave Systems LMR 600.

Este tipo de cables admite valores de pérdida en dB muy acertados respecto a los demás tipos de cable coaxiales, debido a que la prueba de velocidad tiene un máximo de 100 metros, las antenas estarán ubicadas con un cable de mínimo 50 metros, es un mínimo y no es un valor definitivo ya que el lector con la pc no se encuentra en el punto medio de la carrera por razones evidentes, sin embargo es un valor mínimo de referencia aceptable, por lo tanto las pérdidas por metro son elevadas, se requiere de un cable que sea capaz de reducir esta pérdida al máximo posible y que no sea un cable tan costoso como el LMR 900 que si bien es cierto es un cable que reduce la pérdida de forma drástica, el precio es muy elevado como para comprar 100 metros de cable.

El valor de pérdida del LMR 600 por cada 50 metros hay una pérdida de 3.8 dB, lo cual con la alta ganancia que poseen las antenas no afecta la fiabilidad del prototipo en cuanto a resultados positivos.

IV.1.1.5.-Costo Aproximado del Sistema RFID

Dado que la tecnología seleccionada fue RFID, se realizó un cuadro donde se expresan los costos estimados de cada uno de los componentes que posee el sistema para la detección de tiempos, comprendiendo los elementos que se mencionaron anteriormente, para ello se expresan las cantidades tanto en moneda nacional (Bs.F.) como en moneda estadounidense (\$). Cabe destacar que la tasa de cambio que se utilizó para arrojar los montos de bolívares fuertes fue la establecida por el SICAD II. (Ver Cuadro 18).

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO
DESEMPEÑO.

Equipo	Cantidad	Costo		
		Unitario	Total (\$)	Total (Bs.F.)
Lector RFID Impinj Revolution Speedway R420	1	\$1,585.00	\$1,585.00	Bs. F. 79,194.21
Antena UHF RFID times-7 SlimLine A6590C	3	\$360.00	\$1,080.00	Bs. F. 53,961.98
Etiqueta daily RFID UHF Sports Armband-38	100	\$2.50	\$250.00	Bs. F. 12,491.20
Cable LMR-600	500 ft	\$455.00	\$455.00	Bs. F. 22,733.98
Total			\$3,370.00	Bs. F. 168,381.38

Cuadro 18 Costos Aproximados Sistema RFID
(Elaboracion Propia)

IV.1.2.- Determinar los componentes electrónicos que conformaran el módulo receptor de ritmo cardiaco.

En base a lo desarrollado en la cuarta fase del capítulo anterior la cual involucra el diseño del medidor de ritmo cardiaco, es aquí donde este objetivo específico es cumplido, los componentes electrónicos requeridos en cada etapa, mostrados en la gráfica 31 correspondientes al diagrama explicativo de medidor del ritmo cardiaco, son:

1. Transmisor de ECG AM Polar de 5.3khz.
2. Chip receptor AM polar de 5.3 khz.
3. Placa Arduino UNO.
4. Shield SD para Arduino Sparkfun.
5. Memoria micro SD.

Determinados cada uno de los componentes y explicado el uso de cada uno de los mismos en la tercera fase, se procedió a ensamblar cada uno de los elementos electrónicos para obtener el *hardware* del sistema de medición de ritmo cardiaco, lo cual corresponde al siguiente objetivo.

IV.1.2.1.-Costo Aproximado del Sistema de Detección de Ritmo Cardíaco

Basado en los componentes seleccionados anteriormente para el sistema de detección de ritmo cardíaco, se realizó un cuadro donde se exponen los costos relacionados a cada elemento que posee el mismo, arrojando como costo total un monto aproximado del valor de un solo módulo de detección de ritmo cardíaco. (Ver cuadro 19).

De igual forma se expresan los montos en moneda nacional (Bs.F.), así como también en moneda estadounidense (\$). Cabe destacar que la tasa de cambio que se utilizó para arrojar los montos de bolívares fuertes fue la establecida por el SICAD II.

Equipo	Costo	
	Total (\$)	Total (Bs.F.)
Arduino UNO	\$24.95	Bs. F. 1,246.62
Banda Polar T-34	\$30.99	Bs. F. 1,548.41
Chip Receptor Polar	\$20.00	Bs. F. 999.30
Shiel SD sparkfun	\$14.95	Bs. F. 746.97
Tarjeta microSD	\$2.32	Bs. F. 115.92
Case Arduino UNO	\$10.50	Bs. F. 524.63
total	\$103.71	Bs. F. 5,181.85

Cuadro 19 Costo Aproximado de un Módulo de Detección de Ritmo Cardíaco
(Elaboracion Propia)

IV.1.3.- Diseñar un módulo electrónico para el manejo de la frecuencia cardíaca.

En cumplimiento del objetivo “Diseñar un módulo electrónico que reciba y almacene la información emitida por el sensor de frecuencia cardíaca y que eventualmente la transmita a través de tecnología Inalámbrica” se obtuvieron los siguientes resultados.

El diseño del módulo electrónico depende directamente de la selección correcta de los componentes señalados en la página anterior, una vez conocidos cada uno de ellos solo queda la puesta en marcha de realizar las conexiones electrónicas necesarias, luego alimentar el sistema con una batería ya que el mismo será portátil, y comprobar su funcionamiento observando los archivos .Txt generados por el modulo que llevan consigo la información de ritmo cardíaco.

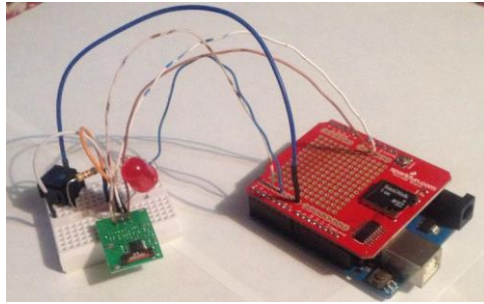


Gráfico 39 Componentes electrónicos siendo probados del medidor cardiaco.
(Fuente propia)

Ensamblado el dispositivo receptor de las pulsaciones, fue probado para generar los archivos .txt que son cargados posteriormente en la aplicación de *software*. Esto se logró realizar en base a la programación del dispositivo Arduino como procesador de datos para el cálculo de los valores RPM y almacenador de datos al mismo tiempo como fue explicado en la tercera fase del capítulo anterior.

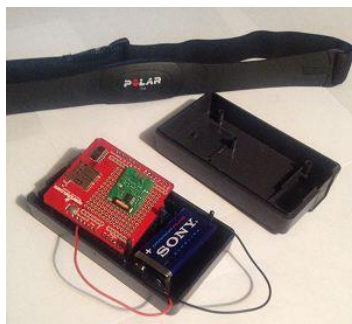


Gráfico 40 Componentes electrónicos ensamblados del medidor cardiaco
(Fuente propia).

Teniendo el módulo ensamblado de la forma más óptima de modo que un atleta pueda cargar con el mismo, se pone en funcionamiento el mismo sistema, la siguiente grafica muestra el monitor serial recibiendo la data de ritmo cardiaco directamente del atleta, mostrando los valores que serán reflejados en el archivo .Txt para su posterior análisis.

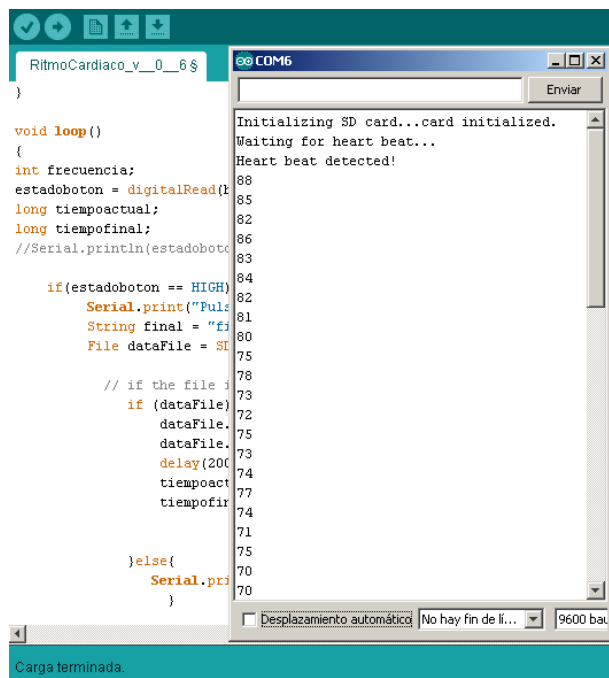


Gráfico 41 Capturas del ritmo Cardiaco con el Monitor Serial de Arduino
(Fuente Propia)

IV.1.4.- Determinar el arreglo de la tecnología inalámbrica seleccionada.

Una vez determinado el sistema más óptimo, en función de las pruebas de rendimiento a realizar se escoge el posicionamiento estratégico de las antenas para el cronometraje de los atletas. Con el fin de obtener los resultados necesarios para el cumplimiento del objetivo “Determinar el arreglo de la tecnología inalámbrica seleccionada mediante el posicionamiento estratégico de las antenas de recepción, para el cálculo de los parámetros del rendimiento físico: velocidad, potencia y resistencia.”.

IV.1.4.1.- Prueba de velocidad.

La prueba de velocidad requiere de dos puntos de referencias de tiempos, un punto inicial y final para hacer un diferencial de los mismos y en función de una distancia fija obtener una velocidad promedio del ejercicio realizado, el siguiente gráfico de referencia muestra el arreglo de las antenas.



Gráfico 42 Arreglo de Antenas prueba de Velocidad
(Fuente Propia)

La finalidad de la ubicación de estas antenas es que el atleta sea detectado al momento que pasa por la primera antena, a nivel de *software* la aplicación se encarga de que al momento de ser leído un atleta se ejecute un cronometro único y exclusivo para el mismo esperando a que el atleta sea cronometrado por la siguiente antena, de modo que la aplicación realice los cálculos necesarios de forma automática y precisa para cada uno de los atletas de forma simultánea.

IV.1.4.2.- Prueba de resistencia.

Las pruebas de resistencia como son pruebas de largo alcance a nivel de distancias, se realizan de forma cíclica, en palabras más simples partiendo de un punto inicial y retornando al mismo en función de una distancia fija, como por ejemplo dar una vuelta completa a una pista de atletismo y continuar realizando este ejercicio.

Dicho esto el arreglo necesario para la prueba de resistencia es una sola antena colocada en un punto estratégico del campo, de modo que el atleta cada vez que pase, la aplicación de forma automática cuente el número de vueltas que el atleta ha realizado en un tiempo específico, estas vueltas poseen una distancia determinada y ayudan a determinar la distancia que recorrió el atleta en un tiempo determinado.



Gráfico 43 Arreglo de Antena Prueba de Resistencia
(Fuente Propia)

La prueba de resistencia tiene una particularidad a nivel de *software* que se pudo realizar en función del diseño mostrado anteriormente, para saber a detalles el poder de esta característica que posee la aplicación de *software* hay que conocer un poco como el entrenador físico mide las pruebas de resistencia. En forma general, cuando entrenan varios atletas, el preparador físico asigna a cada uno que realice vueltas a un campo olímpico en función de un tiempo específico, supongamos que el entrenador dice que sean 20 minutos de trote, él les comenta a los atletas que lleven el número de vueltas en función del número de veces que han pasado por él, y luego que el con el pito indica el tiempo en que termino la prueba de modo que el multiplica el número de vueltas con la distancia que posee una pista de trote que son 400 metros.

Ahora bien, esto trae consigo un problema de precisión muy elevado al entrenador, como es una variable aleatoria que los atletas tengan distintos desempeños en el entrenamiento, no se puede garantizar la posición en la cual ellos van a terminar el ejercicio, puede que el entrenador pite y el atleta se encuentre a la mitad del camino para terminar la vuelta, puede que justo este llegando, o apenas iniciando, lo cual trae un problema de medición ya que el entrenador debe decidir si el atleta está iniciando la nueva vuelta que no la tome en cuenta, y la está terminando que la tome por finalizada, una especie de aproximación a nivel de distancia.

IV.1.4.2.1.- Algoritmo de aproximación de distancia final.

Para eliminar esta imprecisión se diseñó un algoritmo de aproximación que calcula la distancia más cercana en la cual el atleta culmina su ejercicio, este algoritmo es capaz de detectar la última vuelta que realizo el atleta al momento en el que el tiempo se terminó, y mediante la velocidad en la que el realizo la última vuelta, es capaz de calcular la distancia de forma aproximada en la que el atleta culmino el ejercicio, siendo esta una característica muy relevante para el sistema ya que es una distancia más aproximada que el atleta recorrió realmente, de forma que el valor de distancia recorrida en un tiempo determinado, es más exacto.

Debido a que la función del algoritmo se presta a dudas, el grafico 44 muestra un ejemplo de cómo el entrenador realiza la aproximación en los casos en los que

el atleta termina el entrenamiento en un punto cercano a la antena, y en un punto lejano a la antena aplicando aproximación similar al redondeo, si el atleta queda antes de la mitad del recorrido de la vuelta el asume que no termino esa vuelta, cuando el atleta finaliza después de la mitad del recorrido, el entrenador asume que termino la vuelta y le pide que sume una vuelta adicional para luego el calcular la distancia recorrida total, adicional a esto se muestra una figura del lado derecho de la forma en la que el programa realiza una aproximación de la distancia real recorrida en ambos casos.

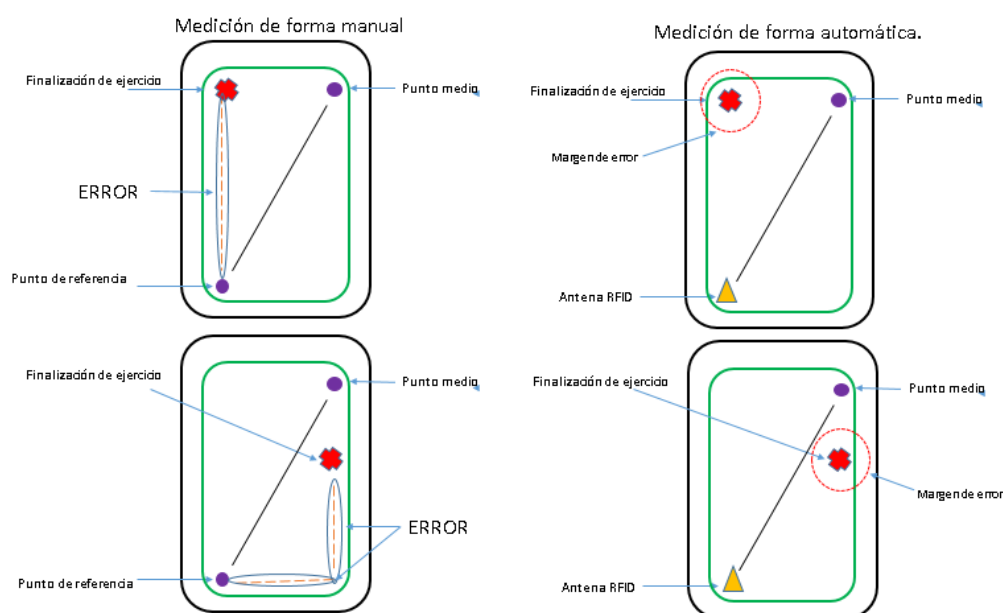


Gráfico 44 explicación de algoritmo de aproximación.
(Fuente propia).

Haciendo referencia a las imágenes de forma secuencial y en orden, El margen de error en la medición de forma manual por el método de aproximación es una distancia muy elevada, de modo que si el atleta se encuentra antes del punto medio, el entrenador le solicita que no tome en cuenta esa distancia, perdiendo así valores de distancia recorrida que varían de 0 a 200 metros, cuando ocurre lo contrario, que el atleta pasa el punto medio y culmina la prueba, el entrenador asume que el atleta dio la vuelta completa, por lo que hay una suma de distancia que no corresponde con la realidad.

Cuando se aplica el algoritmo de aproximación, el programa es capaz de detectar en cualquier punto del recorrido del atleta, cual fue la distancia recorrida factible,

con un margen de error que se coloca de forma circular ya que son errores de aproximación a causa de la fórmula de velocidad promedio de la última vuelta.

IV.1.4.3.- Prueba de habilidad.

Como fue descrito en el marco teórico de la presente investigación, una manera de medir la habilidad de un atleta, es realizando una prueba anaeróbica lo que significa que combina elementos de pruebas de velocidad y resistencia, esto se basa en medir en cuanto tiempo puede realizar un ejercicio específico que requiera de un movimiento en particular que retarde el mismo, de modo que si este tiempo es disminuido, es notable que el atleta logro superar ese retardo forzado por la prueba, siendo así más hábil finalmente. La prueba física que mide este parámetro de rendimiento físico es conocida como prueba suicida, la cual se ilustra a continuación para recordar el recorrido que realiza el atleta en dicha prueba.

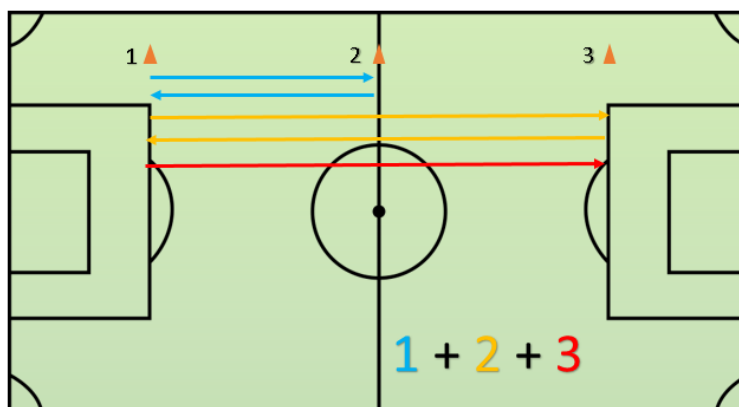


Gráfico 45 Prueba suicida.
(Fuente Propia)

Conocido el recorrido del atleta durante la prueba, es necesario dos puntos de cronometraje de tiempos similares a la prueba de velocidad, pero con un punto medio de referencia para que el atleta tenga como referencia el recorrido medio de la prueba, de modo que el atleta conoce el lugar en que tiene el retardo. La prueba de habilidad se resume en detectar en cada cuanto tiempo se va realizando la misma, de modo que un atleta aumenta su habilidad en el punto en que el tiempo entre las pruebas de habilidad es reducido. En cumplimiento con el objetivo, la siguiente imagen ilustra el arreglo de antenas necesario para realizar la prueba.

IV.1.5.- Diseñar el software que permita realizar los cálculos de los parámetros del rendimiento físico.

Para el cumplimiento de este objetivo se plantearon dos etapas. Una de ellas describe la selección del lenguaje de programación y Base de Datos, mientras que la otra se enfoca en el desarrollo de la aplicación.

Como resultado de esta etapa, gracias a los análisis realizados entre los lenguajes estudiados, se obtuvo la elección de Java como herramienta de desarrollo para la aplicación en cuestión. Quedando seleccionado por distintas razones, java es un lenguaje bastante completo que ofrece los componentes necesarios para elaborar una aplicación que cumpla con los requerimientos descritos en el capítulo anterior.

Como se mencionó anteriormente java es un lenguaje multiplataforma, factor clave para la escogencia del mismo ya que se quiso diseñar una aplicación que fuese escalable y pudiese continuar su desarrollo. Otro factor que se puede recalcar es que los lectores estudiados presentan una compatibilidad con java que facilita la elaboración de aplicaciones, ofreciendo librerías que contienen las clases y métodos que ponen en funcionamiento el lector desde una aplicación.

Si bien es cierto java es un lenguaje que muchos lo consideran complejo debido a que es orientado a objetos, sin embargo posee una gama de funciones y librerías que hacen del lenguaje un desarrollador de aplicaciones robustas, portables y que pueden correr en gran variedad de plataformas. Igualmente posee distintos entornos de desarrollo los más populares y estudiados en el presente trabajo son Netbeans y Eclipse. El desarrollo de la aplicación de rendimiento físico se realizó con NetBeans ya que posee una herramienta bastante potente a la hora de diseñar aplicaciones con interfaz gráfica.

De la misma manera se realizó un estudio de las herramientas para la gestión de base de datos, entre las cuales se estudiaron *MySQL* y *PostgreSQL*, resultando la más idónea para la aplicación por poseer una velocidad de consulta mucho más eficiente y rápida que convenía a la hora de trabajar con tiempos, dicho gestor fue *MySQL*. El bajo consumo de recursos a la hora de ejecutar una base de datos fue otro factor determinante para la selección *MySQL*, igualmente cabe destacar que fue una opción bastante recomendada por especialistas en el área.

Una vez seleccionados los lenguajes con los cuales se desarrollaron los distintos componentes de la aplicación se procedió a la elaboración de la misma siguiendo la metodología planteada previamente.

IV.1.5.1.-Elaboración de la Base de Datos

Para el diseño y creación de la base de datos se utilizó la herramienta Workbench de *MySQL*, la cual según el estudio arrojado en esta etapa se pudo concluir el requerimiento de la creación de 6 tablas: Etiqueta, Atleta, Prueba_Ejecutada, Prueba, Tipo_Prueba y Ritmo_cardiaco. Con el uso de la herramienta nombrada anteriormente se pudo establecer el diagrama de Entidad-Relacion que debía poseer la base de datos señalada. (Ver Gráfico 46).

En resumen esta base de datos le permite a la aplicación las siguientes funciones:

- Permite llevar un registro de los atletas que se quiere observar el rendimiento físico.
- Identifica mediante el almacenamiento de los códigos de *Tags RFID* a los atletas que se encuentren realizando las pruebas de rendimiento.
- Lleva un registro de cada de las pruebas que son realizadas por los distintos atletas, permitiendo almacenar los parámetros de rendimiento físico o en su defecto los valores para calcularlo.
- Permite monitorear las pruebas ejecutadas por fechas de ejecución y así comparar en una línea de tiempo el desempeño del atleta.
- Agrega el ritmo cardiaco del atleta que realizo en una prueba determinada.

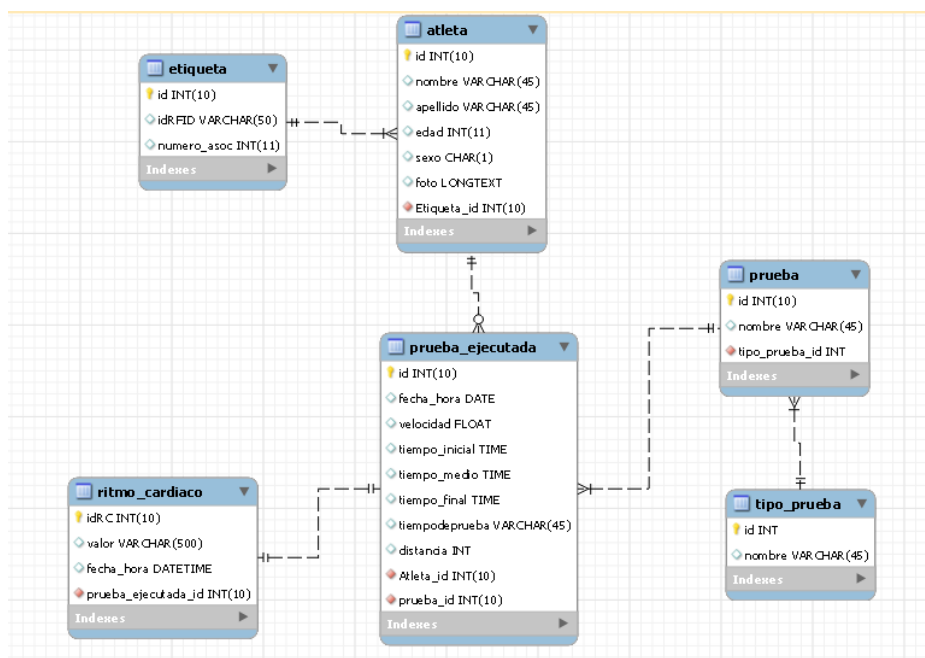


Gráfico 46 Diagrama Entidad-Relación de Base de Datos.
(Fuente Propia)

IV.1.5.2.- Conexión con la base de Datos

Para gestionar las consultas a la base de datos, ya sea el proceso de establecimiento de conexión, consultas de varios tipos ya sea, crear nuevos registros, editarlos, buscar y eliminar. Se realizaron haciendo uso de la herramienta que ofrece java denominada JPA la cual se puede describir para esta aplicación de la siguiente manera (Ver Gráfico 47).

Como se mencionó anteriormente JPA es un framework que le permite a la aplicación mantener un entorno de desarrollo mucho más adecuado. Limpio y organizado con respecto a las consultas que se le deben de realizar a la base de datos, por trabajar con entidades permite una sintaxis de trabajo mucho más sencilla, herramienta poderosa para las personas que no son expertos en la creación de queries de consulta a la base de datos. Permite a la aplicación poder trabajar las tablas como entidades que mantienen relación entre si haciendo uso de las claves foráneas.

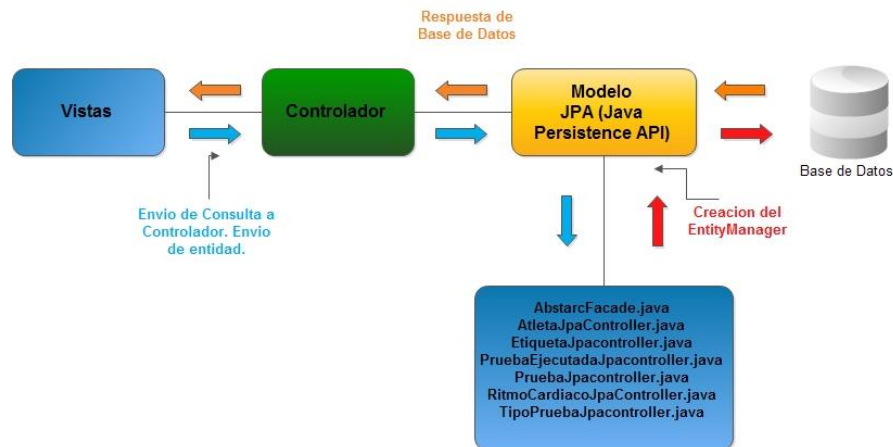


Gráfico 47 Diagrama de Flujo consultas a la Base de Datos utilizando JPA.
(Fuente Propia)

IV.1.5.3.-Desarrollo de la Aplicación de Rendimiento Físico

La aplicación desarrollada en el presente trabajo permite una amplia gama de funciones que abarcan desde registrar a un atleta en la base de datos, hasta consultar su rendimiento físico, está compuesta por distintas interfaces graficas que cumplen una función específica dentro de los requerimientos planteados anteriormente. A continuación se describe en detalle las vistas que posee la aplicación de rendimiento físico:

IV.1.5.3.1.- Sala Principal Frame

Es la primera ventana que se muestra al ejecutar la aplicación (ver gráfico 48), permite al usuario navegar por la aplicación consultando las distintas funciones que posee la misma, permite al usuario registrar atletas, realizar pruebas de rendimiento físico, observar los entrenamientos anteriores, ver los atletas registrados y su función más importante y con la cual se debe de arrancar es la función de conectar al lector.



Gráfico 48 Sala Principal Frame
(Fuente Propia)

IV.1.5.3.2.- Conectar Lector Dialog

Ventana del tipo dialogo en java, permite al usuario introducir los parámetros que son necesarios para la conexión con el lector *RFID*, esto se logra creando un objeto denominado ParametrosLector, el cual contiene el user, password, direcciónIP del Lector y Puerto por el cual se establecerá la conexión. Una vez creado el objeto mencionado se ejecuta una clase denominada ConectarLector.java que realiza un proceso con el lector *RFID* gracias a las librerías que posee el mismo para el establecimiento de la conexión con la aplicación, finalizada esta tarea en la aplicación aparece un visto bueno que aprueba la conexión. (Ver gráfico 49).

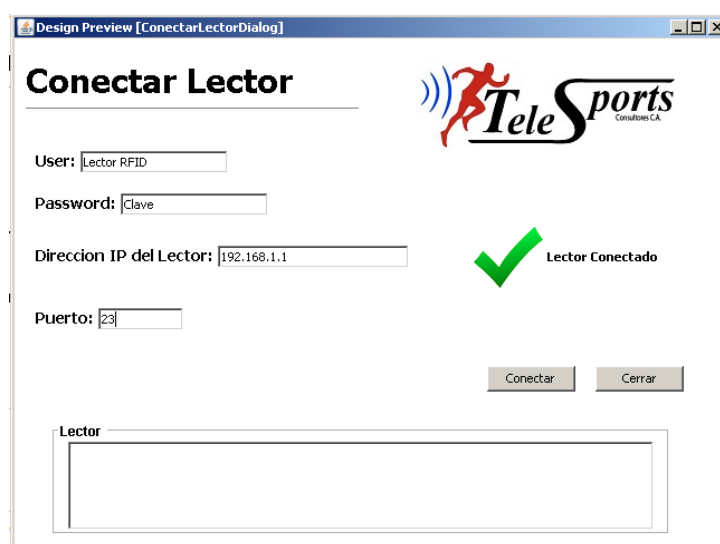


Gráfico 49 Conectar Lector Dialog
(Fuente Propia)

IV.1.5.3.3.- Registro de Atletas Frame

Ventana que tiene como objetivo principal registrar en la base de datos a los atleta que estarán realizando las pruebas de rendimiento, esto se cumple creando una entidad de tipo Atleta que contiene los atributos mencionados anteriormente, adicionalmente posee la función de detectar el tag y casarlo con el atleta que se está registrando. Mediante la clase LeerTag.java la aplicación es capaz de leer el tag que se quiere registrar con el atleta; luego de realizado este proceso al guardar al atleta se envía una entidad del tipo Atleta y Etiqueta al controlador RegistroAtletasControlador.java que se encarga gracias a la utilización de JPA generar el registro en la base de datos. (Ver Gráfico 50 y 51).

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.



Gráfico 50 (a) Ventana de Registro de Atleta Frame detectando Tag. (b) Ventana de Registro de Atleta Frame con el Tag detectado.
(Fuente Propia)



Gráfico 51 Ventana Registro de Atletas Frame. Mensaje de Guardado.
(Fuente Propia)

IV.1.5.3.4.- Ver Atletas Dialog

Ventana destinada a mostrar mediante una interfaz gráfica haciendo uso de una tabla todos los atletas registrados en la base de datos, permitiendo al usuario poder editar algunos datos del atleta, eliminarlo o simplemente ver el rendimiento físico del mismo. Esto se realiza mediante una consulta a la base de datos la cual devuelve una lista de todas las entidades que se encuentran en la tabla de atletas. (Ver Gráfico 52).

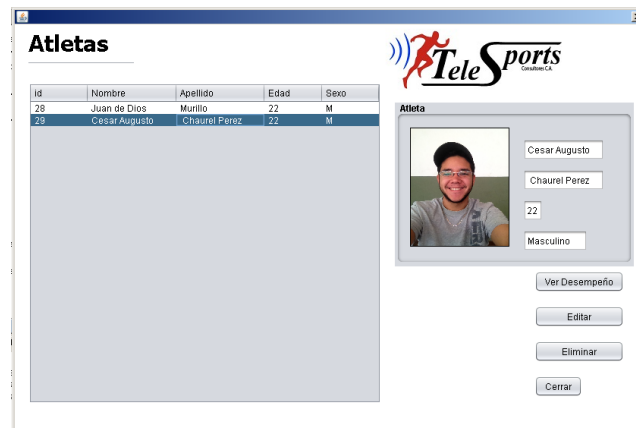


Gráfico 52 Ventana Ver Atletas Dialog
(Fuente Propia)

IV.1.5.3.5.- Realizar Pruebas de Rendimiento Frame

La función de esta ventana es simplemente permitir al usuario escoger entre las distintas pruebas de rendimiento físico que se pueden realizar, Velocidad, resistencia y Habilidad. Adicionalmente posee un botón que es capaz de dirigir la aplicación a la ventana de registro de atletas a manera de redundancia.



Gráfico 53 Ventana Realizar Pruebas de Rendimiento Frame
(Fuente Propia)

IV.1.5.3.6.- Ventanas de Pruebas de Rendimiento Físico

Las siguientes ventanas se crearon con la finalidad de brindar al usuario una ayuda grafica que le permitiera observar de manera muy sencilla como seria la prueba a ejecutar. Gracias a esto se diseñaron 3 ventanas correspondientes a las pruebas de velocidad, Resistencia y Habilidad. (Ver Gráfico 53)

Cada una posee una imagen y un texto que describe la prueba, igualmente tienen los campos en los cuales el usuario introduce los parámetros necesarios para cada una. En la prueba de velocidad fue necesario solicitar la distancia que existe entre la antena número 1 y la número 3, para que en función de ella y con el tiempo que cada atleta realiza se pueda calcular la velocidad, igual es el caso de la prueba de habilidad. Con respecto a la Resistencia es necesario pedir la duración de la prueba y la distancia del perímetro en el que se realizara la misma, esto se debe a que el programa calcula la distancia recorrida según la cantidad de vueltas que realiza el atleta durante un tiempo específico. Luego de introducir los parámetros necesarios se procede al inicio de la prueba.



Gráfico 54 Ventanas de Configuración de Pruebas de Rendimiento Físico.
(Fuente Propia)

IV.1.5.3.7.- Cronometraje de Pruebas Frame

Esta ventana cumple una de las funciones más importantes dentro de la aplicación, es la encargada de iniciar la prueba de rendimiento físico y a su vez es capaz de mostrar en tiempo real los tiempos que va capturando el sistema *RFID*. (Ver Gráfico 56).

Existe una clase llamada `ObtenerTagList` que se ejecuta detrás de la ventana descrita, dicha clase ejecuta un hilo mientras que la prueba de rendimiento este activa, esto quiere decir hasta que el usuario detenga la prueba. En el hilo mencionado la aplicación establece la comunicación con el lector preguntando periódicamente en un tiempo de milisegundos si ha leído o no alguna etiqueta. Si es positiva la respuesta del lector se procede a crear una entidad del tipo `Prueba Ejecutada` que contiene los atributos mencionados anteriormente. Para ellos se utiliza la información enviada por el lector con respecto a los tiempos en que fueron leídas las etiquetas.

Dependiendo de la prueba que se esté realizando la clase `ObtenerTagList` es capaz de configurar los parámetros con los cuales trabajara el lector, entendiendo por esto, las antenas que estarán activas, el tiempo en el que se realizaran las consultas al lector y dependiendo de la prueba se tiene un procesamiento distinto para cada una con respecto a los cálculos de los parámetros de rendimiento físico.

Para comprender en más detalle el procesamiento de la información el lector envía lo que se denomina una *TagList*, la cual es una lista de las etiquetas que se leyeron, cada elemento de esa lista está conformado por objetos del tipo `Tag` que contienen el código de la etiqueta, la hora y fecha en la cual fue descubierta, la hora y fecha de la ultimas vez que fue leída, la antena por la cual fue detectada, entre otras cosas. (Ver Gráfico 55).



Gráfico 55 Elementos que contiene un Objeto del Tipo Tag.
Tomado de (Reader Interface Guide, 2008)

La clase `ObtenerTagList`, crea las entidades `PruebaEjecutada` para luego ser almacenadas en la base de datos mediante JPA, los datos de la entidad son suministrados por las lecturas de *Tags* que realiza el lector. Finalmente los datos de las pruebas son expuestos en una `jTable` para el reconocimiento visual de que la prueba está en ejecución.

N°	Nombre	Apellido	Tiempo L.	Tiempo ...	Tiempo ...	Tiempo de Vuelta	Velocidad ...	N° de Vuel...
28	Cesar Augusto	Chaurel Perez	10:53:55	10:55:10	10:56:15	00:02:00:116000	1.6615305	3
28	Juan de Dios	Munillo	10:54:01	10:55:12		00:00:36:36000	1.5	2

Gráfico 56 Ventana de Cronometraje de Prueba Frame.
(Fuente Propia).

IV.1.5.3.8.- Entrenamientos Anteriores Dialog

Luego de haber realizado las pruebas de rendimiento físico, se debe procede a cargar el ritmo cardiaco que se midió al atleta en una prueba específica. En vista de eso se creó la ventana Entrenamientos anteriores, con el fin de poder observar todas las pruebas ejecutadas.

Se realizó un filtro de búsqueda que facilita la obtención de la prueba en particular que se le quiere cargar el ritmo cardiaco, tiene la capacidad de buscar por Atleta, por el tipo de Prueba y finalmente por la fecha en la cual fue realizada la prueba. (Ver Gráfico 57).

Una vez ubicada la prueba se selecciona la misma para cargar dentro de la aplicación el ritmo cardiaco pertinente, esto es logrado mediante un JFileChooser que posee un filtro de archivos txt para facilidad del usuario. Seleccionado el archivo la aplicación lo procesa de manera tal que pueda ser almacenado en la base de datos creando una entidad del tipo RitmoCardiaco.

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

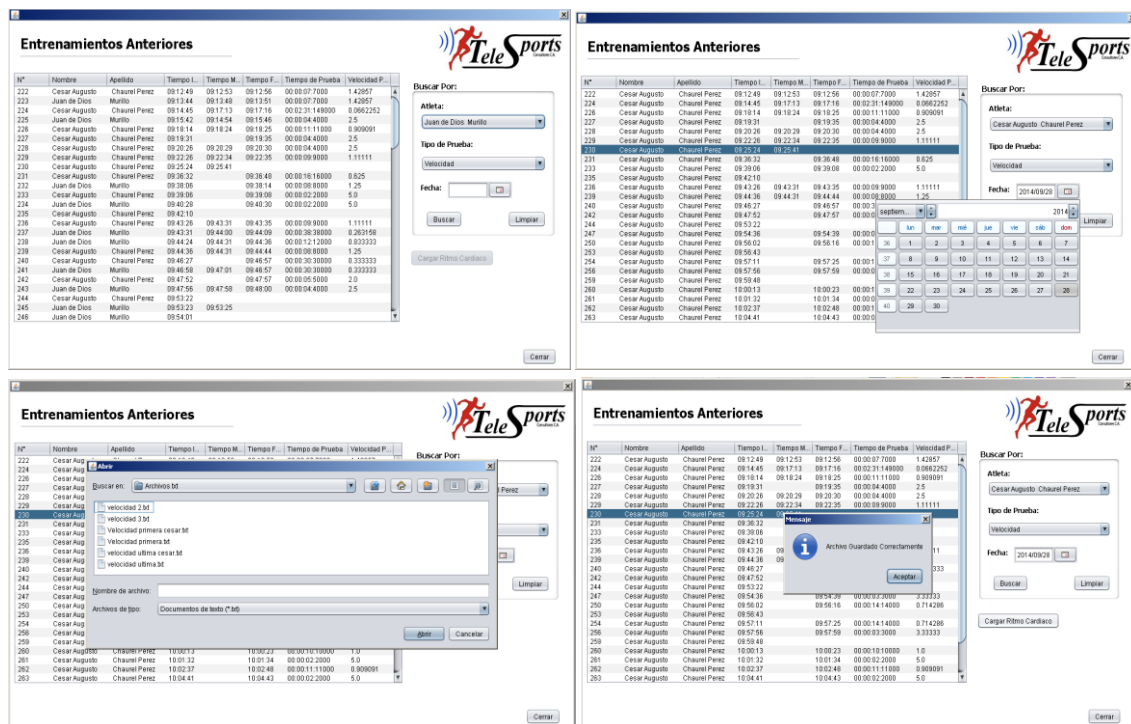


Gráfico 57 Ventana de Entrenamientos Anteriores y sus Funciones (Búsqueda, Carga y Guardado).
(Fuente Propia).

IV.1.6.- Diseño de una interfaz gráfica.

Con respecto a los resultados que hacen cumplimiento del objetivo “Diseñar una interfaz gráfica que permita mostrar los resultados calculados del rendimiento físico, para su interpretación por parte del especialista” se tienen dentro de la misma aplicación dos ventanas que son las encargadas de mostrar los resultados calculados de manera gráfica.

IV.1.6.1.- Desempeño Atleta Dialog

Esta ventana tiene como tarea exponer los resultados de cada una de las pruebas que realizó el atleta, pudiendo observar con detalle los resultados individuales de cada una con respecto a la velocidad, tiempo realizado y aparte de eso es capaz de realizar un promedio de la frecuencia cardiaca que obtuvo el atleta durante la prueba y 10 segundos después de la misma. Adicionalmente el programa grafica la curva del frecuencia cardiaca asociada a la prueba seleccionada. Proporcionando al usuario las herramientas necesarias para arrojar conclusiones sobre el rendimiento físico. (Ver Gráfico 58)

Esta clase denominada DesempeñoAtletaDialog.java es capaz de calcular un resumen del rendimiento físico del atleta en función de la última y primera prueba realizada. Haciendo una comparación de los parámetros esenciales de cada prueba la aplicación es capaz de determinar el porcentaje que ha variado la última prueba con respecto a la primera, de manera tal que existen 3 posibles casos dentro de este análisis, al atleta mejoro, el atleta desmejoro o simplemente no ha obtenido cambios.

Expuesto el concepto de la clase es necesario conocer los parámetros de comparación de cada prueba de rendimiento. Para la prueba de velocidad se compara la velocidad calculada, en la prueba de resistencia se comparan las distancias obtenidas y finalmente en la prueba de habilidad se comparan los tiempos realizados.



Gráfico 58 Ventana de Desempeño del Atleta Dialog
(Fuente Propia)

Esta ventana es capaz de poder ampliar el grafico de frecuencia cardiaca para observar en detalle el comportamiento de la curva, y gracias a la librería *JFreeChart* la aplicación es capaz de modificar leyendas guardar gráficos como imágenes para su posterior estudio fuera de la aplicación, también es capaz de modificar las escalas de la gráfica si así lo desea el usuario.

IV.1.6.2.- Ver Detalles Dialog

Al igual que la anterior esta ventana es responsable de exponer los resultados del rendimiento físico de un atleta, a diferencia de la mencionada previamente la clase VerDetallesDialog.java es capaz de mostrar los resultados de las pruebas haciendo uso de la herramienta *JFreeChart* realizando gráficos de tipo barra que expresan los resultados ya sea de velocidad, distancia o tiempo en función de las pruebas realizadas. (Ver Gráfico 59)

En la ventana se expone el historial de cada tipo de prueba que realizo el atleta en cuestión, también la clase es capaz de arrojar las gráficas de las curvas de frecuencia cardiaca de la primera y última prueba solapadas en un mismo espacio, esto con el objetivo de exponer la mayor cantidad de información que sirve para arrojar conclusiones sobre el rendimiento físico del atleta. La aplicación realiza un promedio de la curva de ritmo cardiaco antes y después de la prueba, y por medio de una comparación entre primera y última se determina la condición cardiaca del atleta.

De manera tal que existen 3 posibles casos en los cuales se puede concluir que: el atleta mejoro su condición cardiaca, el atleta desmejoro su condición cardiaca o el atleta mantuvo su condición cardiaca.

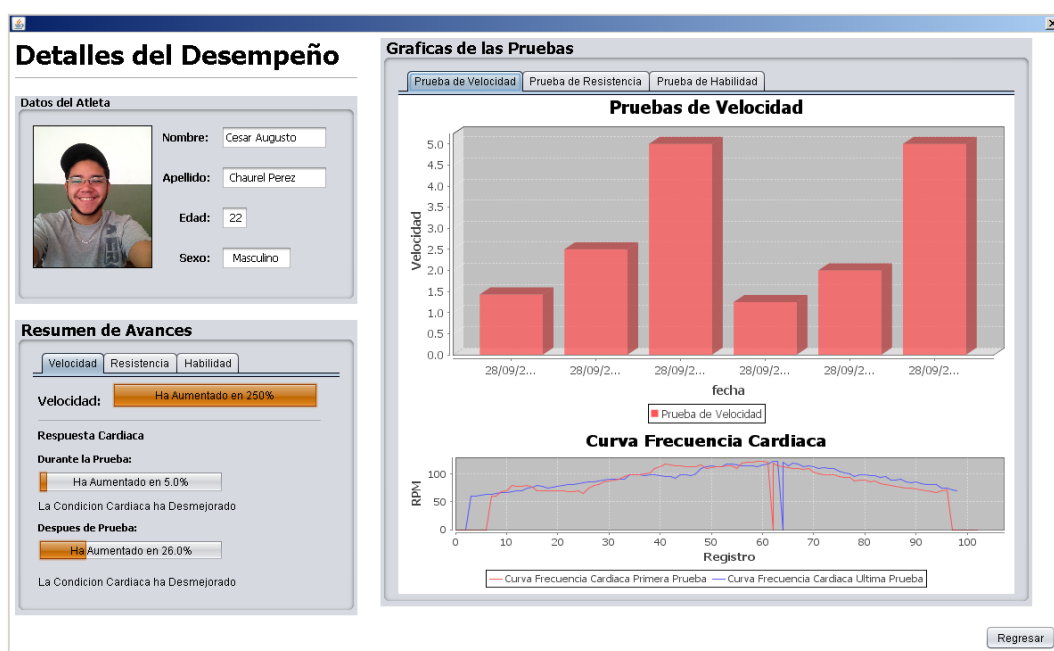


Gráfico 59 Ventana Ver Detalles Dialog.
(Fuente Propia)

***IV.1.7.- Realizar pruebas de rendimiento físico emulando sesiones de
entrenamiento reales haciendo uso del sistema completo.***

Para sustentar el estado del funcionamiento del prototipo se diseñaron varias pruebas que tienen como objetivo, exigir al sistema desempeñar las cualidades para las cuales fue creado, en otras palabras determinar si el sistema cumple con el objetivo general “Proponer un prototipo que permita monitorear el rendimiento físico en atletas de alto desempeño”.

IV.1.7.1.- Pruebas de Simulación de Entrenamiento Físico

Para realizar estas pruebas fue necesario hacer uso de la herramienta RIFIDI como lector virtual de *RFID*, con el objetivo de comprobar el comportamiento de la aplicación desarrollada.

RIFIDI es una aplicación desarrollada en java que tiene la capacidad de emular distintos lectores *RFID*, para generar eventos y emular el comportamiento de un lector real. Por consiguiente RIFIDI es un emulador de lectores *RFID*, diseñado por la empresa *Transcends*. Utilizado para poder observar el comportamiento de la aplicación ante un escenario real de uso. Logrando así observar el funcionamiento de cada una de las etapas que desarrolla la aplicación.

Básicamente el uso de la herramienta permitió verificar si efectivamente la aplicación cumplía con las tareas programadas, ya sea para conexión con el lector *RFID*, lectura de *Tags*, así como comportamiento ante las pruebas de rendimiento físico, y de igual manera observar el comportamiento de la base de datos ante registro que simulaban los reales.

Para ello se emuló un entrenamiento físico completo en el cual entrarían todos los aspectos de la aplicación donde se interactúa con el lector *RFID* y base de datos. Se dividió la prueba en las siguientes partes:

IV.1.7.1.1.- Configuración del emulador RIFIDI.

En esta parte de la prueba se seleccionó dentro de la gama de lectores que se podían emular, el *Alien ALR-9800* por ser el lector que se asemeja al lector real con el cual se realizaron las pruebas reales. (Ver gráfico 60).

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

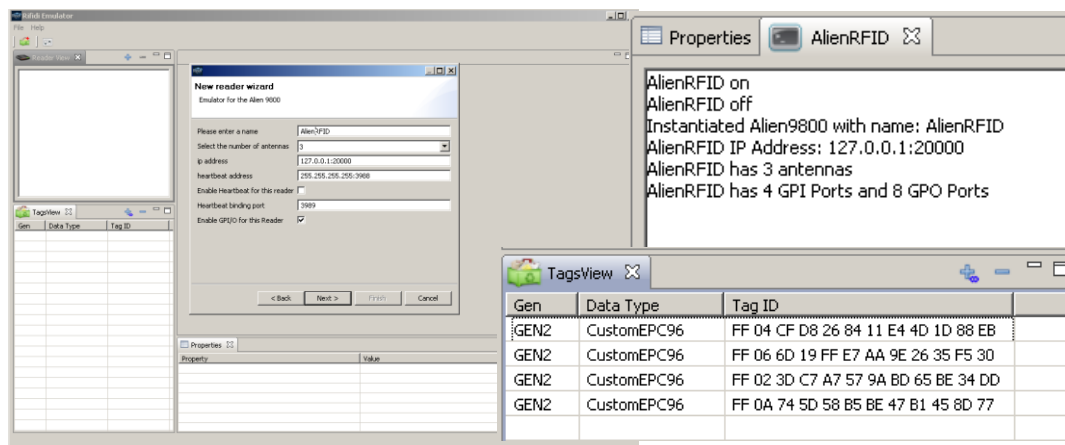


Gráfico 60 Configuración del Emulador RIFIDI Lector Alien 9800.
(Fuente Propia)

IV.1.7.1.2.- Conexión con el Lector Emulado

La aplicación de rendimiento físico se desarrolló con ayuda de la librería *AlienRFID.jar*, por tal motivo al realizar las pruebas con el lector emulado, se observó como el lector reaccionaba ante la sentencia de los métodos y clases que maneja *Alien* para conexión del lector y las aplicaciones java. (Ver Gráfico 61).

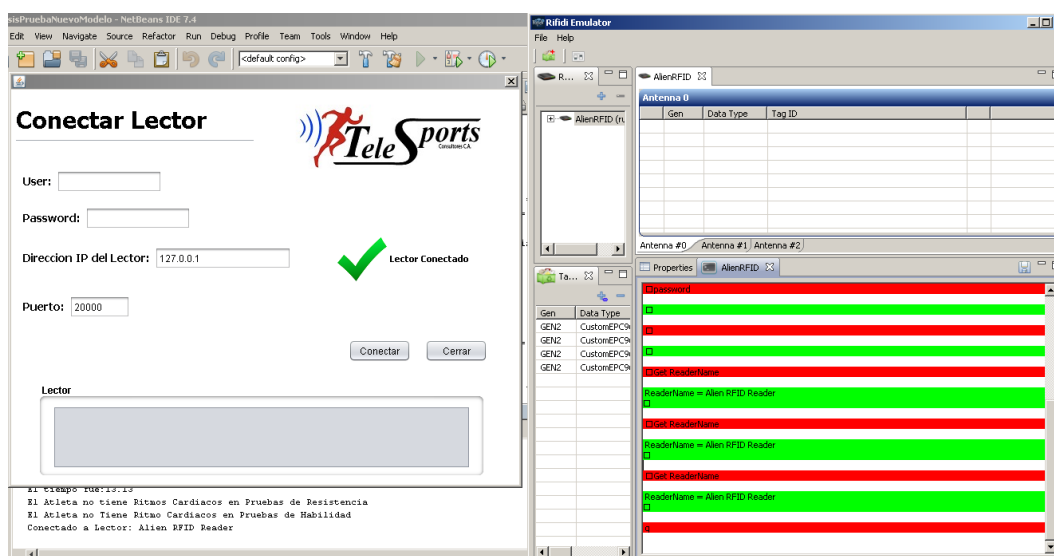


Gráfico 61 Conexión de Lector Emulado con la Aplicación.
(Fuente Propia)

IV.1.7.1.3.- Registro de Atleta y Detección de Tag

Para esta parte de la prueba se dispuso registrar varios atletas y realizar la detección del tag que se le asignó al mismo. Se hizo uso de las etiquetas generadas en el emulador y de atletas con nombres aleatorios. (Ver Gráfico 62).

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

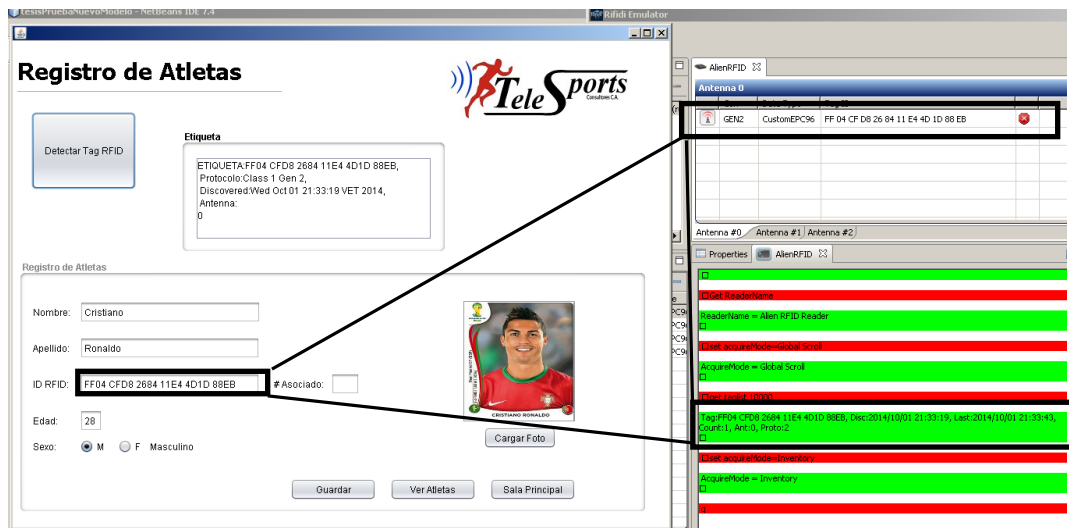


Gráfico 62 Registro de Atleta y Detección de Tag con el lector Emulado
(Fuente Propia).

Al verificar en la base de datos se pudo observar como los atletas fueron registrados con completo éxito, al igual que el registro de los *Tags* asociados a cada uno de ellos. (Ver Gráfico 63).

id	nombre	apellido	edad	sexo	foto	Etiqueta_id
28	Juan de Dios	Munillo	22	M	C:\Users\TelDealer\Documents\NetBeansProjects\Imagenes de Atletas\IMG_6898.JPG	25
29	Cesar Augusto	Chauriel Perez	22	M	C:\Users\TelDealer\Documents\NetBeansProjects\Imagenes de Atletas\Cesar.JPG	26
30	Cristiano	Ronaldo	28	M	C:\Users\TelDealer\Documents\NetBeansProjects\Imagenes de Atletas\cristiano.jpg	27
31	Lionel	Messi	26	M	C:\Users\TelDealer\Documents\NetBeansProjects\Imagenes de Atletas\messi.jpg	28
32	Neymar	Jr	23	M	C:\Users\TelDealer\Documents\NetBeansProjects\Imagenes de Atletas\neymar.jpg	29

Gráfico 63 Base de datos tabla Entidad Atletas.
(Fuente Propia)

IV.1.7.1.4.- Realizar pruebas de Rendimiento Físico simuladas haciendo uso del Emulador RIFIDI

En esta parte se simulaban las pruebas de rendimiento físico, marcando eventos en el emulador RIFIDI, simulando cuando los atletas estarían pasando por el rango de lectura de la antena y así poder realizar todo el procesamiento descrito previamente. (Ver Gráfico 64)

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

Cabe destacar que los resultados de esta prueba no son reales, por tal motivo es normal que la aplicación arroje valores que se escapan del razonamiento lógico que puedan generar. En función de esto estas pruebas solo se realizaron con el fin de observar la interacción de la aplicación con el lector emulado, y así corroborar que la misma estaría funcionando para realizar las pruebas de rendimiento físico.

Cronometraje de Prueba

Fecha/Hora: 01/10/2014 22:51:15

Atleta: Lionel Messi

Nombre de Prueba: simulacion Velocidad

Atletas en Prueba: Juan de Dios Murillo

Inicio Prueba Detener Prueba

Estado: Conectado al Lector: Allen RFID Reader

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Inic...	Tiempo Me...	Tiempo Final	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
30	Cristiano	Ronaldo	10:50:27	10:50:35	10:50:50	00:00:23:23000	0.8695652
31	Lionel	Messi	10:50:29	10:50:37	10:50:50	00:00:21:21000	0.95238096
32	Neymar	Jr	10:50:31	10:50:39	10:50:51	00:00:20:20000	1.0

Gráfico 64 Prueba de velocidad Simulada con el Emulador RIFIDI.
(Fuente Propia)

Una vez verificada las correctas lecturas de los atletas en la aplicación al simular las pruebas de rendimiento se realizó una consulta a la base de datos donde se pudo observar cómo se generaron los correctos registros de cada una de las pruebas simuladas. (Ver Gráfico 65).

id	fecha_hora	velocidad	tiempo_inicial	tiempo_medio	tiempo_final	tiempo_deprueba	distancia	Atleta_id	prueba_id
314	2014-09-29	0.47619	00:34:22	00:34:29	00:34:43	00:00:21:21000	NULL	29	227
315	2014-09-29	0.416667	00:36:05	00:36:12	00:36:29	00:00:24:24000	NULL	29	228
316	2014-09-29	0.416667	00:36:10	00:36:18	00:36:34	00:00:24:24000	NULL	28	228
317	2014-09-29	0.37037	00:37:35	00:37:41	00:38:02	00:00:27:27000	NULL	29	229
318	2014-09-29	0.555556	00:37:39	00:37:47	00:37:57	00:00:18:18000	NULL	28	229
319	2014-09-29	0.769231	00:40:13	00:40:20	00:40:26	00:00:13:13000	NULL	29	230
320	2014-09-29	0.30303	00:40:18	00:40:26	00:40:51	00:00:33:33000	NULL	28	230
321	2014-09-29	0.769231	00:41:42	00:41:49	00:41:55	00:00:13:13000	NULL	29	231
322	2014-09-29	0.714286	00:41:47	00:41:55	00:42:01	00:00:14:14000	NULL	28	231
323	2014-10-01	1.25	22:45:03	22:45:11	22:45:19	00:00:16:16000	NULL	30	234
324	2014-10-01	0.869565	22:50:27	22:50:35	22:50:50	00:00:23:23000	NULL	30	236
325	2014-10-01	0.952381	22:50:29	22:50:37	22:50:50	00:00:21:21000	NULL	31	236
326	2014-10-01	1	22:50:31	22:50:39	22:50:51	00:00:20:20000	NULL	32	236

Gráfico 65 Registro en Base de Datos Prueba Velocidad Simulada con el Emulador RIFIDI.
(Fuente Propia)

El mismo procedimiento fue realizado para las pruebas de rendimiento de resistencia y habilidad, lo que dio como resultado un punto de confianza y buen funcionamiento de la aplicación de rendimiento físico en cuanto a gestión del Lector *RFID* se refiere.

IV.1.7.2.- Pruebas de Emulación de Entrenamientos de Rendimiento Físico

Estas pruebas persiguen demostrar el funcionamiento del prototipo del sistema de monitoreo de rendimiento físico, para ello se emulo un entrenamiento que estaría conformado por una muestra de 2 personas que estarán realizando las diversas pruebas del rendimiento.

Las herramientas que se utilizaron para realizar las pruebas de rendimiento físico se comprendieron de las siguientes (Ver Gráfico 66):

- Aplicación desarrollada
- Lector *RFID* marca *Alien* Modelo ALR-9900
- Antenas marca *Alien* modelo ALR-9611-CR.
- *Tags UHF Sports Armband-38* marca *Daily RFID*.
- *Software Alien RFID Gateway*.
- Sistema de medición de ritmo Cardíaco comprendido por la banda *Polar* y dispositivo *Arduino*.



Gráfico 66 Herramientas Utilizadas dentro de las Pruebas Reales del Prototipo.
(Fuente Propia)

Las pruebas realizadas se llevaron a cabo bajo un entorno de completo control, con el objetivo de guiar a la aplicación a que arrojará diferencias relevantes con

respecto a los parámetros de rendimiento físico, por tal motivo se controlaron ciertos aspectos de las mismas.

IV.1.7.2.1.- Pruebas de Ubicación del Tag

Primeramente se realizaron unas pruebas sobre la capacidad de lectura del tag ante una situación real, se provocó un evento de lectura del tag para determinar la posición del mismo en el atleta y así obtener una lectura segura a la hora de que pasara por el frente de una antena. Esto se realizó repetidas veces en un número específico de 10 pruebas por cada posición del tag estudiada.

Por tal motivo los cuadros mostrados a continuación expresan los siguientes parámetros: la lectura que se obtuvo en cada antena expresada como un si y la no lectura de cada antena expresada en no. Las pruebas de ubicación del tag se dividieron en 4 posibles casos, que los diferenciaba en la ubicación del tag, a diferencia de 1 caso en el que se varió la ubicación de la antena.

Caso 1: Parte Superior del Brazo



Gráfico 67 Imágenes de Pruebas ubicación del Tag. Imagen de la Derecha: Ubicación del tag. Imagen de la Izquierda: Prueba Realizada
(Fuente Propia)

Al realizar las pruebas con la ubicación determinada se obtuvieron los siguientes resultados expuestos en el cuadro 20.

Ubicación: Parte Superior del Brazo			
Nº	Antena 1	Antena 2	Antena 3
1	no	no	no
2	si	si	no
3	no	no	no
4	si	no	no
5	no	no	si
6	si	no	si
7	si	no	no
8	si	no	no
9	si	si	no
10	no	si	no

Cuadro 20 Datos Prueba Ubicación del Tag Parte Superior del Brazo.
(Elaboración Propia)

De los datos obtenidos se realizó un gráfico para el posterior análisis del mismo.
(Ver Gráfico 68).

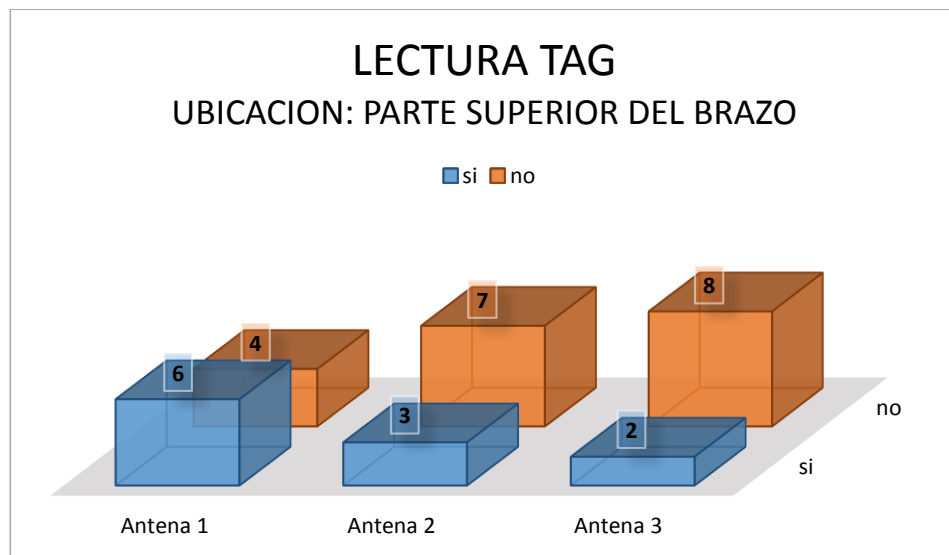


Gráfico 68 Lectura del Tag. Parte Superior del Brazo.
(Fuente Propia)

Caso 2: Parte Media del Brazo

A continuacion se puede observar el caso 2, en donde el tag estaba ubicado en la parte media del brazo (Ver Grafico 69).



Gráfico 69 Prueba Ubicación del Tag. Parte Media del Brazo.
(Fuente Propia)

Al realizar las pruebas con la ubicación determinada se obtuvieron los siguientes resultados expuestos en el cuadro 21.

Ubicación: Parte Media del Brazo			
Nº	Antena 1	Antena 2	Antena 3
1	si	no	no
2	si	no	no
3	si	si	no
4	si	no	no
5	si	no	no
6	si	no	si
7	no	no	no
8	no	si	no
9	no	no	no
10	si	no	no

Cuadro 21 Datos de la Prueba de Ubicación del Tag. Parte Media del Brazo.
(Elaboración Propia)

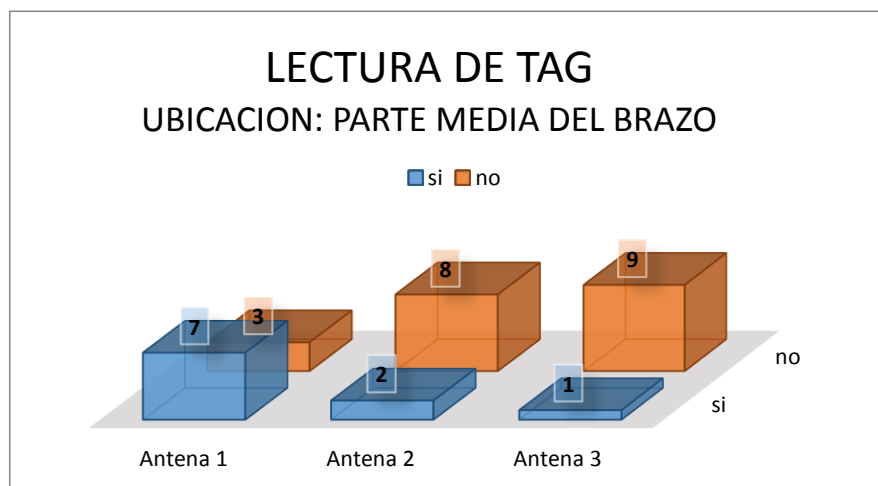


Gráfico 70 Lectura del Tag. Parte Media del Brazo.
(Fuente Propia)

Caso 3: Tag Ubicado en la Parte Media de la Mano

Para estudiar todas las posibilidades se realizaron las pruebas con el tag ubicado en la parte media de la mano. (Ver Gráfico 71).



Gráfico 71 Prueba Ubicación del Tag. Parte Media de la Mano.
(Fuente Propia)

Luego de realizar las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en el cuadro 22.

Ubicación: Parte Central de la Mano.			
Nº	Antena 1	Antena 2	Antena 3
1	si	si	si
2	si	si	si
3	si	si	no
4	si	si	si
5	si	si	si
6	si	si	si
7	si	si	si
8	si	no	si
9	si	no	si
10	si	si	si

Cuadro 22 Datos de Prueba Ubicación del Tag. Parte Media de la Mano.
(Elaboración Propia)

Obtenidos los datos se realizó un gráfico de barras para su posterior análisis.
(Ver Gráfico 72).

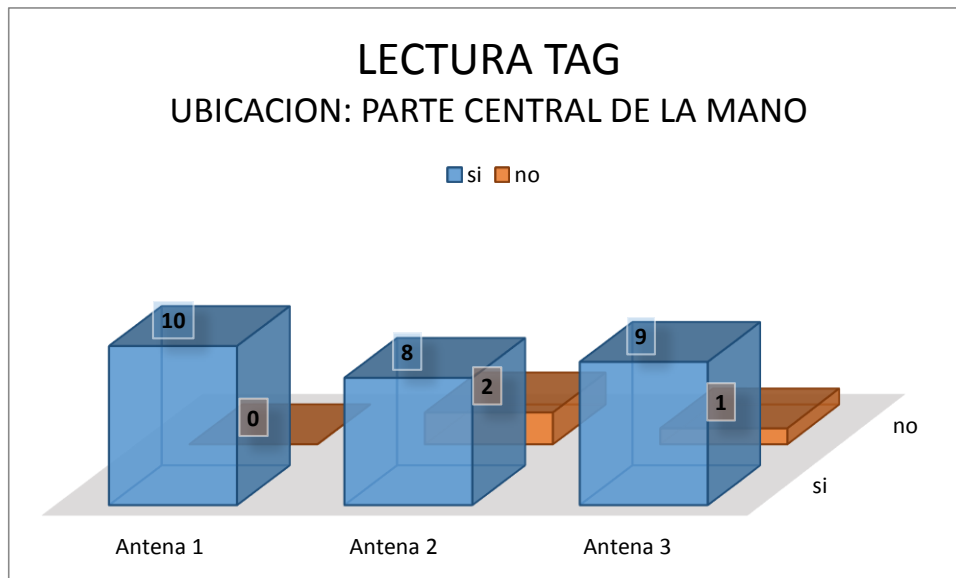


Gráfico 72 Lectura del Tag. Parte Media de la Mano.
(Fuente Propia)

Caso 4: Tag Ubicado en el tobillo del Atleta y Antena a Ras de Piso

Para esta prueba se ubicó el tag en el tobillo de la atleta, por tal motivo se vio motivado a cambiar la ubicación de la antena, la cual se colocó a ras de piso girando 90° quedando en posición horizontal y con un Angulo de inclinación de 30°. (Ver Gráfico 73).



Gráfico 73 Prueba de Ubicación del Tag. Tobillo del Atleta
(Fuente Propia)

Esta prueba tuvo como principio imitar los sistemas de cronometraje ya existentes, con la diferencia de que la antena no era de tipo alfombra. Sin embargo se obtuvieron los siguientes Resultados. (Ver cuadro 23).

Ubicación: Tag ubicado en el tobillo			
Nº	Antena 1	Antena 2	Antena 3
1	no	no	si
2	si	no	si
3	si	no	no
4	si	no	si
5	si	no	si
6	no	no	si
7	si	no	no
8	si	no	si
9	no	si	si
10	si	no	si

Cuadro 23 Datos de Prueba de Ubicación de Tag. Tobillo del Atleta.
(Elaboración Propia)

Para el posterior análisis de los resultados se manipularon los datos y se realizó una gráfica que facilitaría el mismo. (Ver Gráfico 74).

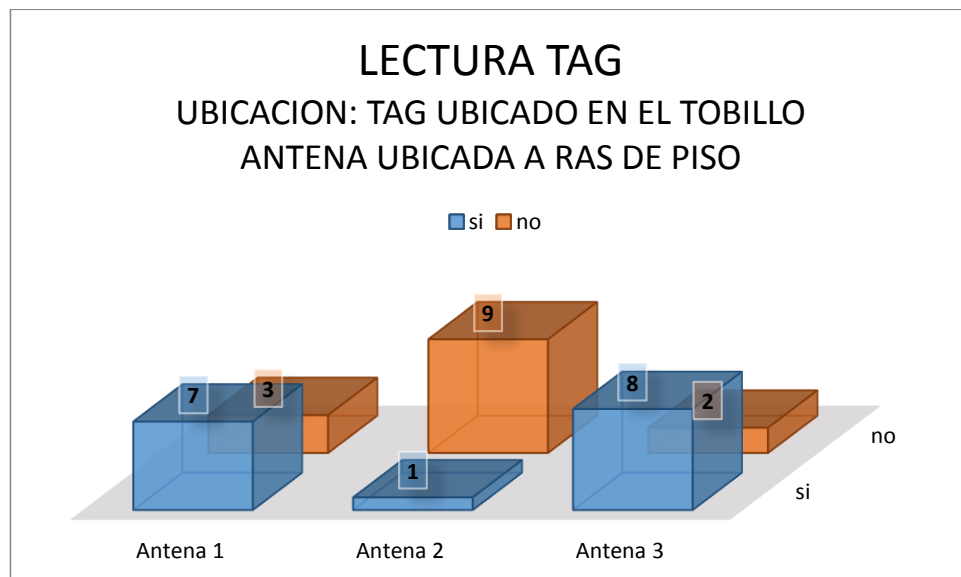


Gráfico 74 Lectura del Tag. Tobillo del Atleta.
(Fuente Propia)

Las mediciones realizadas se hicieron a través del *software RFID Gateway*, exactamente usando el apartado del *TagGrid*, el cual nos permitió observar cuando el Tag era efectivamente leído y cuando no. (Ver Gráfico 75). El Modo de trabajo de la modalidad *TagGrid* permite mostrar en una ventana la etiqueta leída con su código *RFID*, de manera rápida y eficiente.

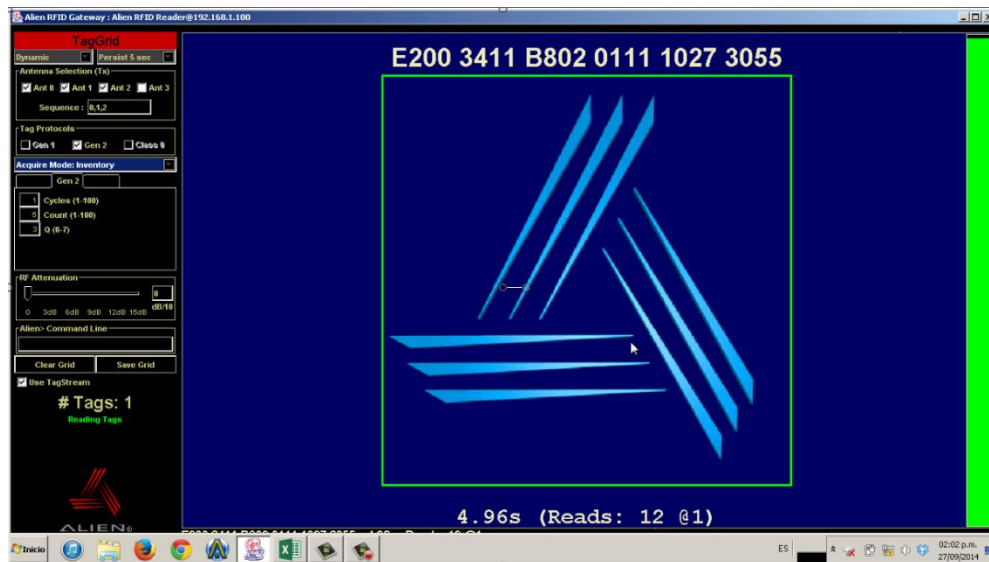


Gráfico 75 Uso del Software Alien RFID Gateway. Tag Grid.
(Fuente Propia)

Ahora bien, con respecto a los resultados mostrados en los gráficos anteriores podemos observar lo siguiente. La ubicación del tag en el atleta es de vital importancia ya que se debe de garantizar una lectura eficiente para recolección de los tiempos. Por tal motivo si se observan los resultados de las pruebas de ubicación del tag en la parte superior del brazo y en el medio del brazo, no dieron resultados muy eficientes, ya que no se garantiza una lectura completa en las antenas primordiales que serían la de inicio (antena 1) y la de fin de prueba (antena 3).

Es primordial que el tag sea leído mínimo por los puntos mencionados anteriormente, ahora los resultados de los casos 1 y 2 también se pueden atribuir al estado de deterioro de las antenas ya que sin poseer ningún tipo de atenuación era necesario colocar el tag lo más cercano a la antena para que pudiese ser leído. Igualmente es extraño que siendo la antena de polarización circular le cueste en cierto punto detectar los *Tags* a una distancia relativamente cerca de la misma.

Con respecto a los casos 3 y 4 se pudo observar una notoria diferencia con respecto a las lecturas positivas de los *Tags*, esto se debe a que de cierta manera el tag se encontraba mucho más cerca de la antena a la hora de pasar por la zona de lectura y por ende daba como resultado un efecto favorable a la aplicación. Se puede que ambas ubicaciones son favorables para el desarrollo de las pruebas más sin embargo se quiere garantizar la mayoría de las lecturas. Por tal motivo se seleccionó

el caso 3 como ubicación del tag para realizar las pruebas de rendimiento con el lector *Alien RFID ALR-9900*.

Los factores estudiados con respecto a los resultados desfavorables de lectura se atribuyen como se mencionó anteriormente al estado actual de las antenas utilizadas, sin embargo basados en los estudios teóricos y selección de equipos que se describen en este capítulo indican que la antena ideal propuesta para el sistema no debería de presentar ningún tipo de problema a la hora de realizar lecturas optimas de los *Tags*.

Igualmente existe un factor denominado *RSSI* (Indicador de fuerza de la señal recibida), el cual es una escala de referencia que se genera a partir de los valores de potencia que son recibidos en este caso del *tag RFID* a la antena, variando la potencia de transmisión se puede determinar el rango de lectura eficiente que poseen las antenas. Sin embargo el equipo Alien ALR-9900 no ofrece esta capacidad de arrojar el factor *RSSI*, por lo tanto no se pudo incluir en los resultados para determinar la ubicación del *tag*.

IV.1.7.2.2.- Pruebas Emuladas de Entrenamiento Físico

Estas pruebas como se mencionó anteriormente se realizaron con el objetivo de comprobar el completo funcionamiento del sistema de monitoreo de rendimiento físico, lo que indica que involucra todos los equipos de medición propuestos, el sistema para la medición de tiempos (*RFID*), el sistema para la detección de ritmo cardiaco (Polar + Arduino) y finalmente la aplicación desarrollada para calcular los parámetros de rendimiento físico del atleta.

En resumen se contó con la participación de 2 personas como muestra, que realizaron los entrenamientos descritos previamente, ejecutaron la prueba de velocidad, prueba de Resistencia y finalmente la prueba de habilidad. Para realizar una comparación del sistema fue necesario medir los tiempos de 2 maneras, una con el sistema *RFID* y la otra, una medición realizada por una persona utilizando un cronometro.

Aparte de eso se controló el estado del atleta creando un escenario de progreso, es decir, a las personas se les indico previamente como debían de realizar el

ejercicio con el fin de que la aplicación arrojara resultados de avance en el rendimiento físico del atleta. Para lograr el objetivo se realizaron 3 pruebas de velocidad que variaron en la exigencia de las mismas, por lo tanto se dividieron las pruebas en estados de movimiento, la primera prueba se realizaba caminando, la segunda trotando y finalmente la última prueba corriendo. De igual forma se aplicó con las pruebas de habilidad.

Pruebas de Velocidad

A continuación en el cuadro 24 se observan los resultados obtenidos en la prueba de velocidad con respecto a la medición de los tiempos, y el cálculo de la velocidad. Las pruebas fueron desarrolladas en una distancia fija de 10 mts.

Nº	Modalidad	Atleta	Tiempo de Prueba (Seg) "Humano"	Tiempo de Prueba (Seg) "Aplicación"	Velocidad (m/s) "Excel"	Velocidad (m/s) "Aplicación"
1	Caminando	Cesar Chaurel	8	7,7	1,25	1,428
		Juan Murillo	8,5	7,7	1,17	1,428
2	Trotando	Cesar Chaurel	4,57	4,40	2,18	2,5
		Juan Murillo	5,02	4,40	1,99	2,5
3	Corriendo	Cesar Chaurel	2,38	2,20	4,20	5
		Juan Murillo	2,4	2,20	4,16	5

Cuadro 24 Resultados de la Prueba de Velocidad Emulada Individual.
(Elaboración Propia)

El cálculo de la velocidad se realizó en función del tiempo realizado y la distancia de la prueba utilizando la fórmula de rapidez ($V = d / t$). Los tiempos marcados por la aplicación se pueden observar en el apartado de los anexos donde se exponen con detalles las capturas de los mismos.

Para probar la capacidad del sistema se realizaron las pruebas de velocidad de manera simultánea, en esta instancia la aplicación sería capaz de poder capturar los tiempos de manera separada a cada atleta, sin necesidad de manejar diferencias de tiempo o simplemente realizar la prueba de forma individual. Los resultados de esta prueba fueron plasmados en el cuadro 25.

N°	Modalidad	Atleta	Tiempo de Prueba (Seg) "Humano"	Tiempo de Prueba (Seg) "Aplicación"	Velocidad (m/s) "Excel"	Velocidad (m/s) "Aplicación"
1	Caminando	Cesar Chaurel	8.92	8,8	1,12	1,25
		Juan Murillo	12,8	12,12	0,78	0,83
2	Trotando	Cesar Chaurel	2,78	5,5	3,59	2
		Juan Murillo	3,58	4,40	2,79	2,5
3	Corriendo	Cesar Chaurel	1,64	2,20	6,09	5
		Juan Murillo	2,6	3,30	3,84	3,33

Cuadro 25 Resultados Prueba Velocidad Emulada Simultánea.
(Elaboración Propia)

Ahora con respecto a los resultados expuestos en el cuadro 24, se puede observar como los tiempos son relativamente semejantes, el cuadro describe una aproximación de los tiempos que se midieron manualmente con los capturados por la aplicación. Sin embargo esto no es el caso para los resultados expuestos en el cuadro 25, por ser la prueba simultánea al humano se le complica realizar la medición de los tiempos de manera óptima para cada atleta ya que debe estar atento a más de uno por prueba. Dejando evidenciado la capacidad del sistema a la hora de medir los tiempos en más de un atleta de manera simultánea.

Pruebas de Resistencia

Estas pruebas se realizaron en un circuito que comprende un perímetro de 54 metros tal como se observa en el gráfico 76, el resultado de esta prueba se analizó con respecto a la distancia que recorrió el atleta en un tiempo determinado, específicamente en 1 minuto. En función de la cantidad de vueltas que ejecuto el atleta se calculaba la distancia recorrida y se comparó con la distancia arrojada por la aplicación.



Gráfico 76 Prueba Resistencia Emulada Perímetro
(Fuente Propia)

Los valores de la prueba se recopilaron y se exponen en el cuadro 26 para su posterior análisis, al igual que en la prueba de velocidad existió un control con respecto a la ejecución de las pruebas con el objetivo de observar avance en el rendimiento físico del atleta, por este motivo se realizaron 2 pruebas de resistencia, en el primer caso los atletas caminaron a una velocidad rápida, mientras que en el otro se le indicó a los mismos trotar.

Nº	Modalidad	Atleta	Distancia (mts) "Humano"	Distancia (mts) "Aplicación"
1	Caminando Rápido (Individual)	Cesar Chaurel	162	178
		Juan Murillo	108	122
2	Trotando (Simultanea)	Cesar Chaurel	162	188
		Juan Murillo	162	176

Cuadro 26 Resultados Prueba de Resistencia Emulada.
(Elaboración Propia)

Los resultados correspondientes a la fila 1 del cuadro 26 hacen referencia a la prueba de resistencia individual, mientras que la fila señalada por el número 2 indica el resultado de realizar la prueba de manera simultánea. Las capturas de los tiempos con respecto a esta prueba se pueden observar en el apartado de los anexos.

En los resultados se puede observar como la distancia recorrida calculada por el atleta en función de las vueltas realizadas son múltiplos del perímetro del área donde se ejecutó dicha prueba, a diferencia de la distancia calculada por la aplicación que arroja valores mucho más exactos gracias a el Algoritmo de aproximación de distancia final. Esto se debe a que la aplicación determina una posición aproximada del lugar en donde el atleta terminó la prueba, en función de la velocidad promedio de la última vuelta y el tiempo excedente que transcurrió desde que se cumplió el tiempo de prueba y la última vez que pasó por la antena de control. Con esto se deja en evidencia que la aplicación tiene una capacidad de aproximación mayor a la que pudiese tener el atleta con el simple hecho de contar las vueltas.

Pruebas de Habilidad

A diferencia de estas pruebas con respecto a las de velocidad, el parámetro que ayuda a determinar el rendimiento físico es el tiempo que el atleta realiza el

ejercicio, en este caso se seleccionó la prueba conocida como “Suicida” (Ver Gráfico 45) para determinar la habilidad que posee el atleta para accionar y poner en prueba su capacidad de reacción y movilidad. Por tal motivo se completaron las pruebas de habilidad individuales y simultaneas. Observando los resultados de la prueba individual en el cuadro 27.

Nº	Modalidad	Atleta	Tiempo de Prueba (Seg) "Humano"	Tiempo de Prueba (Seg) "Aplicación"
1	Caminando	Cesar Chaurel	21	22,22
		Juan Murillo	21,62	20,20
2	Trotando	Cesar Chaurel	15,01	16,16
		Juan Murillo	15,14	15,15
3	Corriendo	Cesar Chaurel	11,9	12,12
		Juan Murillo	10,28	11,11

Cuadro 27 Resultados Prueba de Habilidad Emulada Individual.
(Elaboración Propia)

Posterior a las pruebas individuales de habilidad se continuó con las pruebas simultáneas que arrojaron los siguientes resultados (Ver Cuadro 28). Cabe acotar que en esta prueba se le dificultó al humano realizar las mediciones simultáneas por la complejidad que requería poder monitorear a más de un atleta en una prueba dinámica como lo es la suicida.

Nº	Modalidad	Atleta	Tiempo de Prueba (Seg) "Aplicación"
1	Caminando	Cesar Chaurel	24,24
		Juan Murillo	24,24
2	Trotando	Cesar Chaurel	27,27
		Juan Murillo	18,18
3	Corriendo	Cesar Chaurel	13,13
		Juan Murillo	14,14

Cuadro 28 Resultados Prueba Habilidad Emulada Simultánea.
(Elaboración Propia)

Una vez más quedo en evidencia la capacidad del sistema en realizar las mediciones de tiempos de forma individual a cada atleta, arrojando resultados de manera inmediata. Se pueden observar las capturas de los tiempos en forma simultánea en el apartado de anexos.

IV.1.7.3.-Resultados de Rendimiento Físico

Una vez realizadas las pruebas del rendimiento, se procedió a cargar el ritmo cardiaco perteneciente a cada prueba. Como la aplicación es capaz de realizar un análisis con respecto al ritmo cardiaco, se dispuso de un control en la respuesta cardiaca de cada atleta, esto con el objetivo de poder observar de manera precisa que efectivamente la aplicación es capaz de determinar los distintos parámetros con los cuales se pueden obtener conclusiones sobre el rendimiento físico.

La respuesta cardiaca del atleta se vio afectada de la siguiente manera, para las pruebas que requerían menor esfuerzo se les aplicaba un mayor número de pulsaciones, aumentando el ritmo cardiaco con un ejercicio previo a la realización de la misma. Para la prueba de esfuerzo medio (Trotar) se les asignó una carga de ritmo que estuviese acorde a las pulsaciones que una persona obtiene realizando la actividad y finalmente en las pruebas que requerían de mayor esfuerzo se les asignó una carga de ritmo cardiaco la cual era relativamente baja.

La manera en la que se controló el ritmo cardiaco viene dada por la relación del esfuerzo que realiza el atleta para lograr una actividad, las pruebas de velocidad mantienen una relación que es inversamente proporcional al ritmo cardiaco, para que exista una condición física óptima el atleta debe de realizar las actividades físicas sin generar una carga que exceda un esfuerzo específico. En resumen la condición física del atleta vendrá determinada relacionando las variables calculadas por la aplicación, velocidad, distancia y tiempo, con el ritmo cardiaco de cada una.

Para estas pruebas en específico se quiere emular un atleta que evolucione su condición física en ambos factores, aumente ya sea su velocidad, corra una mayor distancia o realice un menor tiempo, ligado a que el cuerpo genere un menor esfuerzo.

Las capturas de la frecuencia cardiaca se realizaron a través del sistema de detección de ritmo cardiaco (Polar + Arduino), y con la ayuda de la aplicación se pudieron obtener los siguientes resultados de rendimiento físico.

A continuación se pueden observar las distintas capturas realizadas a la aplicación de rendimiento donde se evidencia la capacidad de la misma de arrojar

resultados sobre la evolución del rendimiento físico del atleta en las distintas pruebas, igualmente los resultados obtenidos con respecto a la evolución cardiaca.

- Atleta Juan de Dios Murillo

El análisis de los resultados arrojados por la aplicación se realizaron basados en las 3 pruebas ejecutadas por cada atleta, con respecto a la prueba de velocidad se pudo observar como efectivamente la aplicación describe una evolución positiva del atleta tal como se tenía previsto, gracias al control de las pruebas (Ver Gráfico 77). Efectivamente la aplicación mediante una comparación que realiza entre la primera y última prueba realizada arrojo cuanto ha mejorado con respecto al parámetro de estudio. En este caso en específico se está analizando la velocidad el atleta.

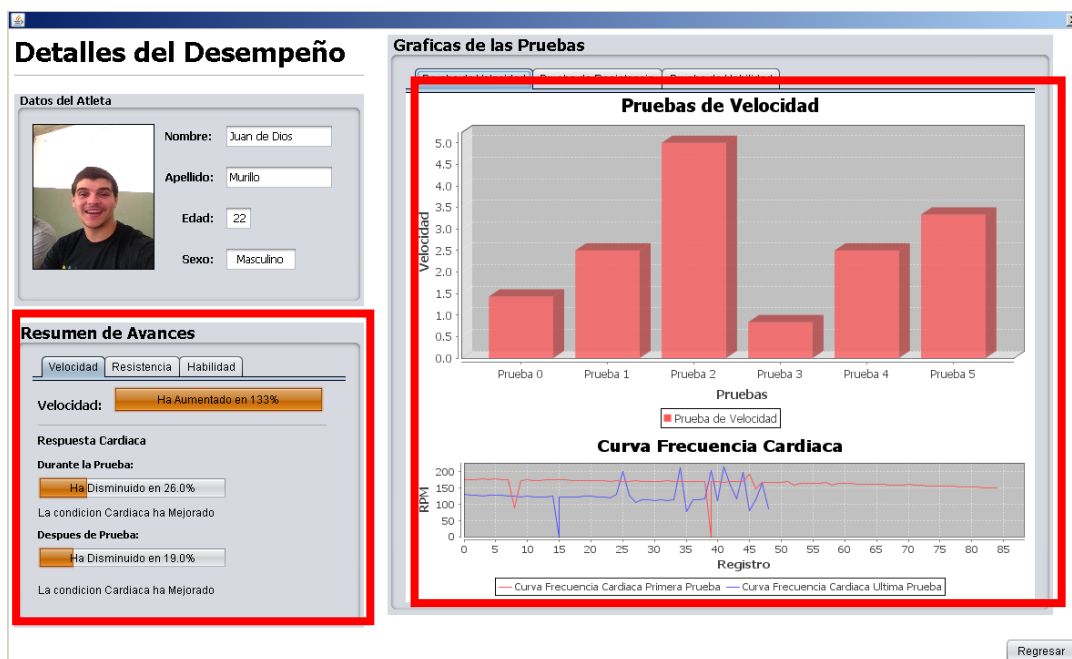


Gráfico 77 Resultados de Rendimiento Físico. Prueba de velocidad, Aplicación.
(Fuente Propia)

De igual manera se pudo observar el mismo efecto con las pruebas de habilidad y de resistencia, obteniendo resultados favorables con respecto a la evolución del rendimiento físico, en la prueba de resistencia la aplicación realiza la comparación mediante las distancias recorridas en cada prueba, mientras que las de habilidad se hacen en función de los tiempos que realizó el atleta. Las capturas de la aplicación

en la cual se observan las conclusiones calculadas por la aplicación con respecto a estas dos pruebas restantes se encuentran en el apartado de anexos.

- Atleta Cesar Chaurel

Debido a que las condiciones fueron iguales para ambos atletas, para el atleta en cuestión se seleccionó la prueba de habilidad para realizar el análisis (Ver Gráfico 78). Para ello se observó como la aplicación mediante la comparación de los tiempos obtenidos puede arrojar que efectivamente el atleta disminuyo los tiempos de prueba y por lo tanto obtuvo una evaluación favorable del rendimiento físico.

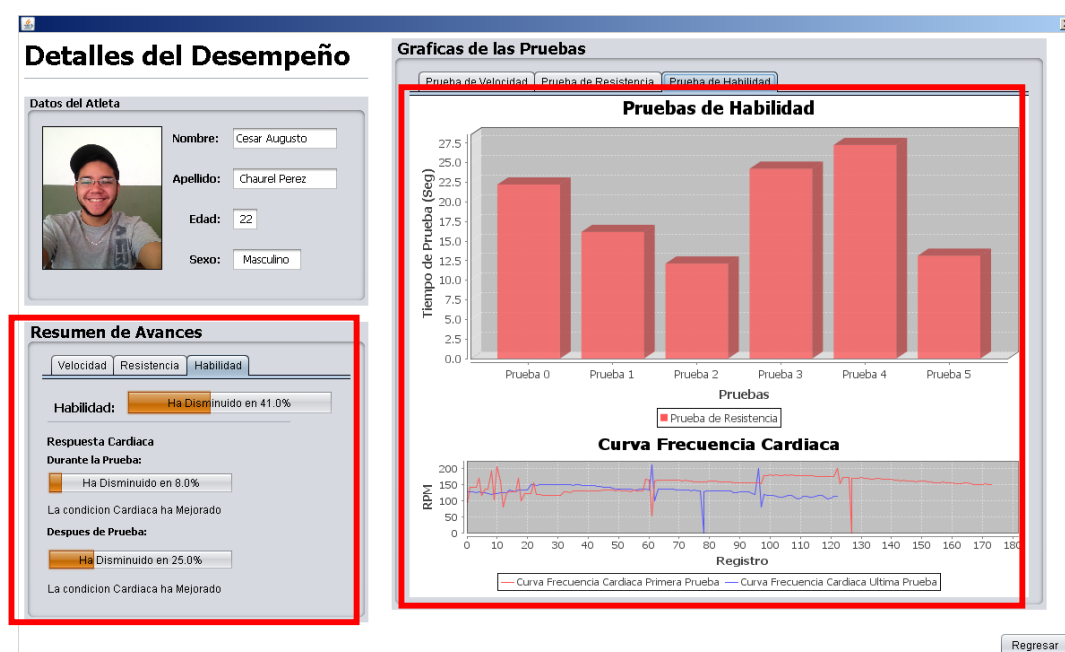


Gráfico 78 Resultados de Rendimiento Físico. Prueba de Habilidad, Aplicación.
(Fuente Propia)

Observando el grafico anterior se puede rescatar la comparación de las frecuencias cardiacas de la primera y última prueba, ambas en una gráfica donde se solapan las curvas para una mejor apreciación de los resultados. En la esquina inferior izquierda del grafico anterior se puede observar las conclusiones arrojadas por la aplicación.

Las capturas de la aplicación de las pruebas de velocidad y resistencia del presente atleta se pueden encontrar en el apartado de los anexos.

V.- CAPÍTULO V

V.1.- Conclusiones y Recomendaciones

V.1.1.- Conclusiones.

Para poder arrojar un resultado respecto a la evolución del rendimiento físico de un atleta es necesario realizar sesiones de entrenamiento que se convierten en pruebas de medición, estas pruebas de medición logran determinar parámetros como velocidad, resistencia y potencia. Adicional a esto es un factor fundamental para el sistema la presencia del ritmo cardiaco durante y después de la prueba ejecutada, para poder determinar el desempeño del atleta durante la prueba y el tiempo de recuperación del mismo después de realizarla, siendo este un factor clave y fundamental para poder obtener un resultado del rendimiento.

La forma de obtener un resultado del rendimiento es por medio del método de comparación de sesiones de entrenamiento, comparando los tiempos, velocidades y distancias recorridas entre la prueba inicial y la prueba final junto con la respuesta cardiaca de las mismas, arrojando un resultado para cada uno de los parámetros junto a la frecuencia cardiaca en dicha prueba y del tiempo de recuperación.

Las pruebas intermedias que no son usadas para arrojar el resultado del rendimiento físico son usadas para observar el comportamiento del atleta entre la prueba inicial y final, para poder realizar conclusiones acerca a los resultados obtenidos y ver el desempeño del mismo empleado a través del tiempo.

La tecnología *RFID* es ideal para cronometrar y detectar tiempos, específicamente para aplicaciones deportivas es una tecnología que se acopla perfectamente para determinadas aplicaciones. Esto debe estar acompañado de una certera selección de los elementos que conforman un sistema *RFID* para garantizar precisión y funcionamiento al momento de detectar los tiempos.

Usar tecnología *RFID* como una aplicación deportiva reduce el tiempo de trabajo de un especialista del deporte y a su vez brinda automatización al mismo trabajo con el uso de una aplicación de *software*, dado que *RFID* realiza lecturas de forma simultaneas que son casadas con cada uno de los atletas, que posteriormente pueden

ser analizadas estas lecturas con una aplicación de *software* escrita en lenguajes de programación que brindan rápida convergencia e interfaces graficas intuitivas como el lenguaje de programación Java o Visual Basic.

El lector *RFID* marca *Alien* Modelo ALR-9900 y las antenas marca *Alien* modelo ALR-9611-CR, no son los equipos ideales para el prototipo final, dado que las condiciones actuales del equipo no eran las más optimas, en especial las antenas, como fue explicado en las pruebas de colocación del tag en el atleta, la distancia de lectura entre el tag y la antena se aproximaba a una distancia de contacto directa siendo esto un factor de dificultad para poder realizar las pruebas. Sin embargo son suficientes para demostrar el correcto funcionamiento del sistema y comprobar también si la tecnología *RFID* es una tecnología que puede ser utilizada para aplicaciones deportivas que requieran detectar y cronometrar tiempos de forma simultánea y precisa.

A efectos del prototipo final, las etiquetas pasivas son las ideales debido a su tamaño, variedad de modelos que adhieren características como resistencia al agua, adaptación a la superficie en la cual serán colocados y rangos de lectura más amplios, factores que son determinantes para el diseño final del presente sistema.

El uso de la banda *UHF* en la cual trabaja tanto el lector recomendado como el utilizado, garantizan el buen funcionamiento del prototipo final del sistema. A pesar de que CONATEL asigno la banda de 902 a 915 MHz. para prestación de servicios de comunicaciones personales PCS, los sistemas *RFID* son adaptables para trabajar en rangos de frecuencia específicos. Una característica fundamental que posee el lector Impinj Speedway Revolution R420 es que se puede especificar la frecuencia en la cual se va a recibir información de parte de las antenas del sistema, de modo que es posible colocar el rango de frecuencias recomendado por CONATEL que comprende las frecuencias desde 922 a 928 MHz.

El lector *RFID* Impinj Speedway Revolution R420, es el más adecuado para les sistema, por las características de lecturas simultaneas que posee, por el lenguaje de programación en el cual puede ser escritas las aplicaciones con este dispositivo, y las librerías que brindan detalles más certeros para aplicación deportivas de

carreras, haciendo más fácil la programación de aplicaciones de *software* que requieran de estas características.

Las Antenas *SlimLine A6590C Times-7 UHF* se adaptan perfectamente a las características de lectura que requiere el sistema de medición de tiempos, por sus características de potencia elevada, amplio rango de lectura y polarización circular que permite la lectura de los *Tags* sin una posición directa definida, con materiales resistentes a condiciones climatológicas hostiles y variables, como se presentan al momento de realizar pruebas de rendimiento físico.

El arreglo de las antenas para medir los parámetros de rendimiento físico en relación a actividades aeróbicas y anaeróbicas corresponde a colocar dos antenas para la medición de la velocidad, una sola antena para la medición de la resistencia, y finalmente dos antenas con un punto de referencia intermedio para medir la habilidad.

Debido a la larga distancia en las que son colocadas las antenas respecto al lector *RFID*, las cuales tienen como un máximo de distancia de 50 metros, se tiene que usar un cable con poca pérdida para el óptimo funcionamiento del dispositivo final.

La forma ideal de medir el ritmo cardiaco para realizar pruebas aeróbicas y anaeróbicas, es con un sistema transmisor receptor que funcione de forma totalmente inalámbrica, que sea de fácil colocación al atleta y que no incomode al mismo.

El sistema utilizado en la presente investigación es la base de un sistema ideal de detección de ritmo cardiaco, pero no la más óptima, dado que el mismo puede ser reducido en tamaño fabricando una propia placa de interacción con el chip receptor polar y no utilizando una placa de tecnología Arduino. Sin embargo el uso de la misma tecnología es suficiente e ideal para demostrar el funcionamiento del sistema de detección de ritmo cardiaco propuesto en la presente investigación, y el hecho de fabricar una propia placa a nivel circuital se escapa de los objetivos planteados de la presente investigación.

El lenguaje de programación utilizado para la aplicación de *software* fue Java, debido a que el mismo se adopta completamente a los requerimientos del presente

trabajo, siendo un lenguaje de programación escalable, que no requiere estar casado con un sistema operativo para poder correr, su abierta interacción con lenguajes de bases de datos, las amplias librerías que posee, hacen de este lenguaje una forma diversa de programar. De igual manera es importante recalcar la importancia de las librerías java que poseen los lectores *RFID* para poder realizar el desarrollo de funciones para la interacción de la aplicación y el equipo.

La herramienta de gestión de la base de datos del presente proyecto fue *MySQL*, y el ambiente de trabajo para desarrollar la misma fue en *Workbench*, esto debido a la simplicidad del lenguaje y al fácil manejo por medio del diagrama de entidad relación permite obtener parte del código de la base de datos de forma automática, siendo esto una ventaja al momento de programar.

También es importante destacar la aplicación de Rendimiento Físico del presente trabajo especial de grado, calcula los parámetros de rendimiento físico de forma automática, simultánea y precisa. Adicional a esto posee una interfaz gráfica que muestra todos los resultados de una forma práctica e intuitiva para que el especialista en deporte realice conclusiones respecto a cada una de las pruebas y sea de fácil entendimiento los resultados de cada una de ellas.

Se contó con la asistencia de expertos del área deportiva del instituto pedagógico de caracas como del departamento de biomecánica del instituto nacional del deporte, así como asistencia bibliográfica por parte del director del Centro de Investigación en Alto Rendimiento Deportivo de la universidad católica de Murcia, siendo esto un factor fundamental para conocer los parámetros necesarios para poder medir el rendimiento físico en un atleta así como aplicaciones ya realizadas en el ámbito del deporte como un sistema para este fin, se pudo rescatar por parte del director de la institución nombrada anteriormente Pedro Alcaraz, que esta aplicación de la tecnología *RFID* en medición de rendimiento físico no había sido aplicada para este fin, elemento que hace muy llamativa la presente investigación por parte de instituciones externas a nuestra casa de estudios despertando su interés por continuar su investigación.

El sistema diseñado de medición de rendimiento físico para atletas de alto desempeño fue realizado satisfactoriamente, siendo un sistema que no solo puede

ser aplicado en atletas de alto rendimiento sino a cualquier persona interesada en determinar su evolución respecto al rendimiento físico.

Se cumplieron todos los objetivos planteados en la presente investigación, logrando obtener un resultado acerca del rendimiento físico de un atleta, resultado que es complejo de obtener en materia de ciencias del deporte y más aún obtenerlo de forma rápida, precisa, automática y simultánea. Siendo una herramienta de utilidad como aplicación de la tecnología en el mundo deportivo, ofreciendo este un aporte más al desarrollo y evolución del deporte y al de los atletas y a las personas en general.

V.1.2.- Recomendaciones

Para el sistema de monitoreo de Rendimiento físico se pueden considerar las siguientes recomendaciones.

Si se desea implementar el Sistema de la forma más óptima se recomienda utilizar los equipos planteados a continuación:

- Lector *RFID* Impinj Speedway Revolution R420, Antena *SlimLine A6590C Times-7 UHF*, Tags *UHF Sports Armband-38* y el cable LMR-600 para evitar la mayor cantidad de perdidas debido a la distancia que se puedan manejar en las distintas pruebas.
- De igual manera se recomienda la creación de una propia plataforma basada en Microcontrolador para el sistema de detección de ritmo cardiaco, logrando así un módulo que este programado y especializado para realizar las funciones descritas para el mismo en cuanto a detección y almacenamiento del ritmo cardiaco. Además se recomienda agregarle una transmisión en tiempo real de la frecuencia cardiaca con el fin de poder monitorear al atleta de forma inmediata, como posible tecnología para implementar lo planteado se recomienda Zigbee.

Con respecto a la realización de las pruebas de rendimiento físico con el sistema de monitoreo se recomienda lo siguiente:

- Para la ejecución de las pruebas es necesario una explicación y breve descripción del funcionamiento del sistema entero, sobre todo en las indicaciones para la detección del ritmo cardiaco.
- También es recomendable realizar un análisis de espectro radio eléctrico en donde se vaya a implementar el sistema para evitar interferencias que puedan interrumpir el buen funcionamiento del mismo.
- Cuando se realiza una comparación entre entrenamientos es recomendable que estas pruebas hayan sido realizadas bajo condiciones similares respecto a terreno y condiciones climatológicas.
- La alimentación y fatiga del atleta pueden alterar los resultados de las pruebas de rendimiento, por lo que se recomienda llevar un control sobre la alimentación del mismo, además de las horas y días en los cuales el atleta ejecuta sus sesiones de entrenamiento.
- De igual manera se recomienda llevar la aplicación de rendimiento físico a un nivel más elevado, con respecto a portabilidad y movilidad, pudiendo desarrollarse para dispositivos móviles e interacción web.

VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- amuchastegui, C., Ayuso, N., Alvares, G., Vicario , L., Pico, J., Benitez, N., & Gerendian, A. (2014). *Arduino.cc*. Obtenido de <http://www.arduino.cc/es/#.UwAeXvl5P4g>
- Antillón, R., & Reyes, J. (s.f.). *Instrumentacion de uso quirurgico y terapeutico*.
- beagleboard. (2013). *beaglebone*. Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno#.UwAewfl5P4g>
- Ciudad Herrera , J. M., & Samà, E. (2005). Estudio, Diseño Y Simulacion de un Sistema de *RFID* basado en *EPC*. *tesis de Maestria*. Cataluña, Barcelona, España.
- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones. (s.f.). Obtenido de Disponible:http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/libroscapitulo_3_a39a5ba c.pdf
- Deitel, P. J., & Deitel, H. M. (2008). *Java cómo programar. Séptima Edición*. Mexico: Pearson Education.
- Descamps, O. (3 de febrero de 2009). *L'USINE NOUVELLE*. Obtenido de <http://www.usinenouvelle.com/article/RFID-l-afsset-s-interroge-sur-les-risques.N29616>
- Dornin, L., Mednieks, Z., Meike, B., & Nakamura, M. (2012). *Programing Android*. Estados Unidos de América: O'reilly.
- Duro, Abril, J., Ruz, M., Alvarez, A., & Garcia Higuera. (2005). *Estudio, Diseño Y Simulación De Un Sistema De RFID Basado En EPC*. Gijon.
- Electroindustria. (2010). *Plataformas de Desarrollo basadas en Microcontroladores: Acelerando la creación de soluciones electrónicas*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1539&>

- Finkenzeller. (2010). *RFID-handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. Alemania.
- Global, E. (junio de 2007). Obtenido de http://www.gs1.org/docs/epcglobal/EPCglobal_Best_Practices_January_2007.pdf
- Hernandez, M. J. (2003). *Database Design for Mere Mortals*. Estados Unidos de América: Addison Wesley.
- Herrador. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. Universidad de Córdoba. Obtenido de http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf
- Himanshu, B. (2006). *RFID Essentials*.
- Mc graw-hill. (s.f.). *Despliegue de Redes Inalámbricas*. Obtenido de <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/844818386X.pdf>
- Molina, A. E. (s.f.). *Qtc*. Obtenido de <http://qtcorregido.galeon.com/miocardio.htm>
- MySQL. (1997). *MySQL*. Recuperado el 14 de Junio de 2014, de *MySQL the world's most popular open source data base*: <http://dev.MySQL.com/doc/refman/5.0/es/features.html>
- Nadal, R. (9 de septiembre de 2013). *rendimiento fisico*. (J. d. Murillo, Entrevistador)
- NetBeans. (2013). *Home: NeatBeans*. Recuperado el 18 de Junio de 2014, de NetBeans: <https://netbeans.org/about/index.html>
- NetBeansTM. (11 de Octubre de 2013). *NeatBeans*. Recuperado el 16 de Junio de 2014, de NeatBeans IDE: <https://netbeans.org/community/releases/74/relnotes.html>
- Pérez, A. (s.f.). *asociacion atletica moratalaz*. Obtenido de <http://www.aamoratalaz.com/articulos/tve98.htm>

perrin, A., & Souques, M. (2010). *Electromagnetic Fields, Environment and Health*. Paris: springer.

Polniak, S. (2007). *The RFID CASE STUDY BOOK: RFID Application stories from around the globe*.

Prabhu, & Ramamurthy. (s.f.). *WinRFID A Middleware for the enablement of Radio Frequency Identification (RFID) based Applications*,. los Angeles: California University.

rafaelma. (2 de Octubre de 2010). *Postgre SQL*. Recuperado el 10 de Junio de 2014, de Postgre SQL: http://www.PostgreSQL.org.es/sobre_PostgreSQL

Raspberry. (2011). *raspberry Pi*. Obtenido de <http://www.raspberrypi.es/>

RFID magazine. (12 de 12 de 2005). *Tecnología RFID: Introducción*. Obtenido de http://www.mas-RFID-solutions.com/docs/RFID_introduccion.pdf

Rueda Marin, V. B. (2012). *Investigación de Tecnologías Inalámbricas*. Medellin-Antioquia.

Salgado, V. (2011). *Zigbee y sus Aplicaciones*. Obtenido de <http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/Zigbee%20y%20sus%20aplicaciones.pdf>

Universidad de las americas. (s.f.). *El Estándar Bluetooth 802.15.1, Capitulo 3*(. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf

Universidad de las americas. (s.f.). *Tutorial de Circuitos RFID capitulo3*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/urbina_r_rd/capitulo3.pdf

Universidad Politecnica Salesiana. (s.f.). *El Estándar Bluetooth, Capitulo2*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/206/3/Capitulo%202.pdf>

VII.- ANEXOS

Anexo A.- Cuadro Comparativo de las tecnologías Inalámbricas.

Cuadro 1 Cuadro Comparativo de las Tecnologías Inalámbricas

Características	RFID	Bluetooth	Wi-fi	Zigbee
Frecuencia de Trabajo	50KHz - 2,5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Velocidad de Transmisión	10 Kbps -10Mbps	1Mbps, 3Mbps y 5Mbps	11 Mbps – 54 Mbps	250 Kbps
Alcance Máximo	Más de 10 m	100 m	100 m	10 m
Modo de Operación	Identificación mediante Radio frecuencia, identificación localizada y automática de objetos etiquetados	Transmisión de datos, mediante la división de la banda ISM en canales, redes WPAN, posee la ventaja de consumir poca potencia	Transmisión de datos en sistemas computacionales, actúa sobre redes WLAN, basado en el estándar 802.11	Protocolo de comunicación inalámbrica para radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar 802.15.4.
Aplicaciones	Control de acceso, control de inventario, gestión de almacenes, localización, cronometraje.	Transferencia de Datos, conexión a internet, sincronización automática.	Acceso a internet, accesos públicos a internet, redes domésticas, acceso a internet desde medios de transporte.	Aplicaciones que requieren comunicación segura con baja tasa de envío de datos y maximización de baterías.

Nota. Datos de la Columna 1 tomados de (tutorial de Circuitos RFID, s.f.; Finkenzeller, K., 2010). Datos de la columna 2 tomados de (Rueda Marin, y otros, 2012; El Estándar Bluetooth, s.f.). Datos de la columna 3 tomados de (Rueda Marin, y otros, 2012). Datos de la columna 4 tomados de (Rueda Marin, y otros, 2012; Salgado, 2011). Cuadro Elaborado por los autores.

Anexo B.- Capturas de la aplicación. Detección de Tiempos Pruebas Emuladas de Rendimiento Físico.

1.- Prueba Velocidad Caminando Individual

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prue...	Velocidad Pr...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	09:12:49	09:12:53	09:12:56	00:00:07:7000	1.4285715
28	Juan de Dios	Murillo	09:13:44	09:13:48	09:13:51	00:00:07:7000	1.4285715

2.- Prueba Velocidad Trotando Individual

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
28	Juan de Dios	Murillo	09:15:42	09:14:54	09:15:46	00:00:04:4000	2.5

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo Medio	Tiempo Fi...	Tiempo de Prue...	Velocida...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	09:20:26	09:20:29	09:20:30	00:00:04:4000	2.5

3.- Prueba Velocidad Corriendo Individual

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Final	Tiempo de Prueba	Velocidad...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	09:39:06		09:39:08	00:00:02:2000	5.0

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Inicial	Tiempo Me...	Tiempo Final	Tiempo de Prueba	Velocidad ...
28	Juan de Dios	Murillo	09:40:28		09:40:30	00:00:02:2000	5.0

4.- Prueba Velocidad Caminando Simultánea

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad Pr...
28	Juan de Dios	Murillo	09:44:24	09:44:31	09:44:36	00:00:12:12000	0.8333333
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	09:44:36	09:44:31	09:44:44	00:00:08:8000	1.25

5.- Prueba Velocidad Trotando Simultánea

N°	Nombre	Apellido	Tiempo In...	Tiempo Medio	Tiempo Fi...	Tiempo de Prue...	Velocidad ...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	09:47:52		09:47:57	00:00:05:5000	2.0
28	Juan de Dios	Murillo	09:47:56	09:47:58	09:48:00	00:00:04:4000	2.5

6.- Prueba Velocidad Corriendo Simultánea

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo ...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prue...	Velocidad Pr...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	10:04:41		10:04:43	00:00:02:2000	5.0
28	Juan de Dios	Murillo	10:04:42		10:04:45	00:00:03:3000	3.3333333

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO
DESEMPEÑO.

7.-Prueba Resistencia Individual

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Vuelta	Velocida...	N° de Vu...
28	Juan de Dios	Murillo	11:09:39	11:10:33	11:10:57	00:01:00:59000	2.025	2
N°	Nombre	Apellido	Tiempo I...	Tiempo ...	Tiempo F...	Tiempo de Vuelta	Velocid...	N° de V...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	11:14:21	11:15:15	11:15:35	00:01:00:59000	2.97	3

8.- Prueba Resistencia Simultánea

N°	Nombre	Apellido	Tiempo I...	Tiempo ...	Tiempo ...	Tiempo de Vuelta	Velocidad ...	N° de V...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	11:22:27	11:23:18	11:23:37	00:01:00:59000	3.1263158	3
28	Juan de Dios	Murillo	11:22:36	11:23:10	11:23:29	00:01:00:59000	2.935088	3

9.- Prueba Habilidad Caminando Individual

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Inic...	Tiempo Me...	Tiempo Final	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
28	Juan de Dios	Murillo	12:00:04	12:00:15	12:00:38	00:00:34:34000	0.29411766
N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	12:15:31	12:15:42	12:15:53	00:00:22:22000	0.45454547

10.- Prueba Habilidad Trotando Individual

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Inic...	Tiempo Me...	Tiempo Final	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
28	Juan de Dios	Murillo	12:11:29	12:11:44	12:11:44	00:00:15:15000	0.6666667
N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo Me...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	12:23:05	12:23:13	12:23:21	00:00:16:16000	0.625

11.- Prueba Habilidad Corriendo Individual

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	12:26:00	12:26:07	12:26:12	00:00:12:12000	0.8333333
28	Juan de Dios	Murillo	12:26:46	12:26:07	12:26:57	00:00:11:11000	0.90909094

12.- Prueba Habilidad Trotando 1 Simultaneo

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	12:36:05	12:36:12	12:36:29	00:00:24:24000	0.41666666
28	Juan de Dios	Murillo	12:36:10	12:36:18	12:36:34	00:00:24:24000	0.41666666

13.- Prueba Habilidad Trotando 2 Simultánea

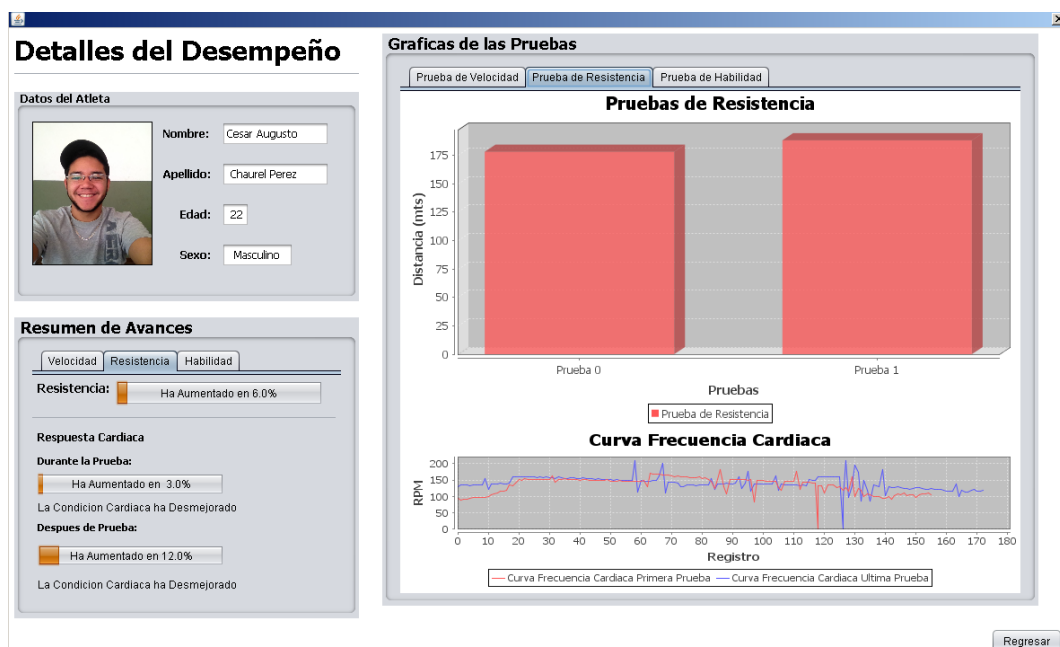
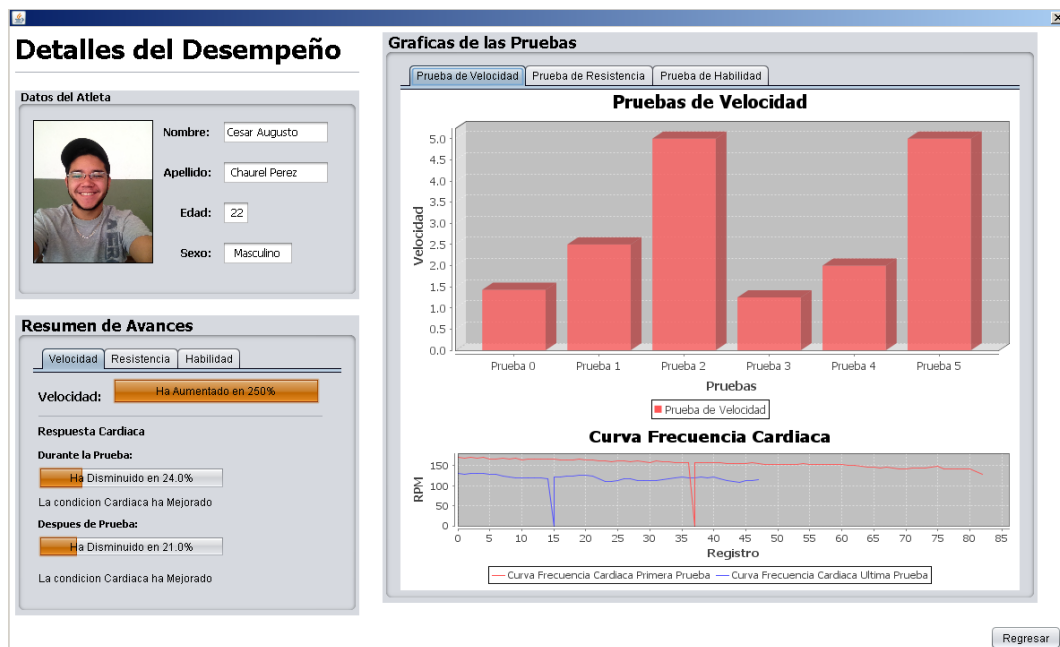
N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	12:37:35	12:37:41	12:38:02	00:00:27:27000	0.37037036
28	Juan de Dios	Murillo	12:37:39	12:37:47	12:37:57	00:00:18:18000	0.55555556

14.- Prueba Habilidad Corriendo Simultánea

N°	Nombre	Apellido	Tiempo Ini...	Tiempo M...	Tiempo Fi...	Tiempo de Prueba	Velocidad Pro...
29	Cesar Augusto	Chaurel Perez	12:41:42	12:41:49	12:41:55	00:00:13:13000	0.7692308
28	Juan de Dios	Murillo	12:41:47	12:41:55	12:42:01	00:00:14:14000	0.71428573

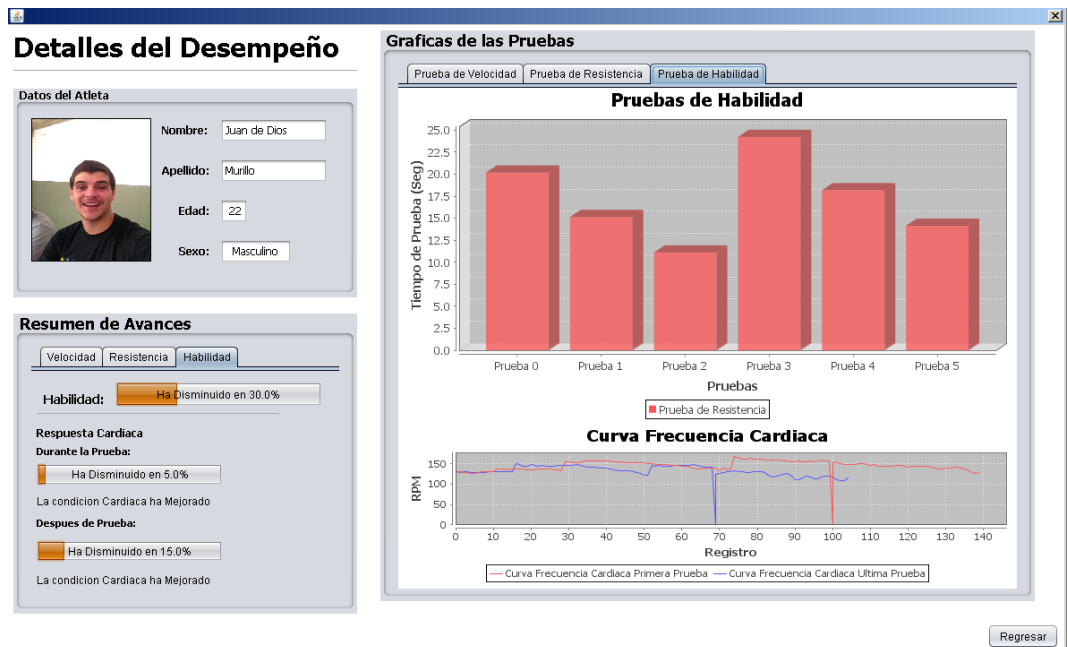
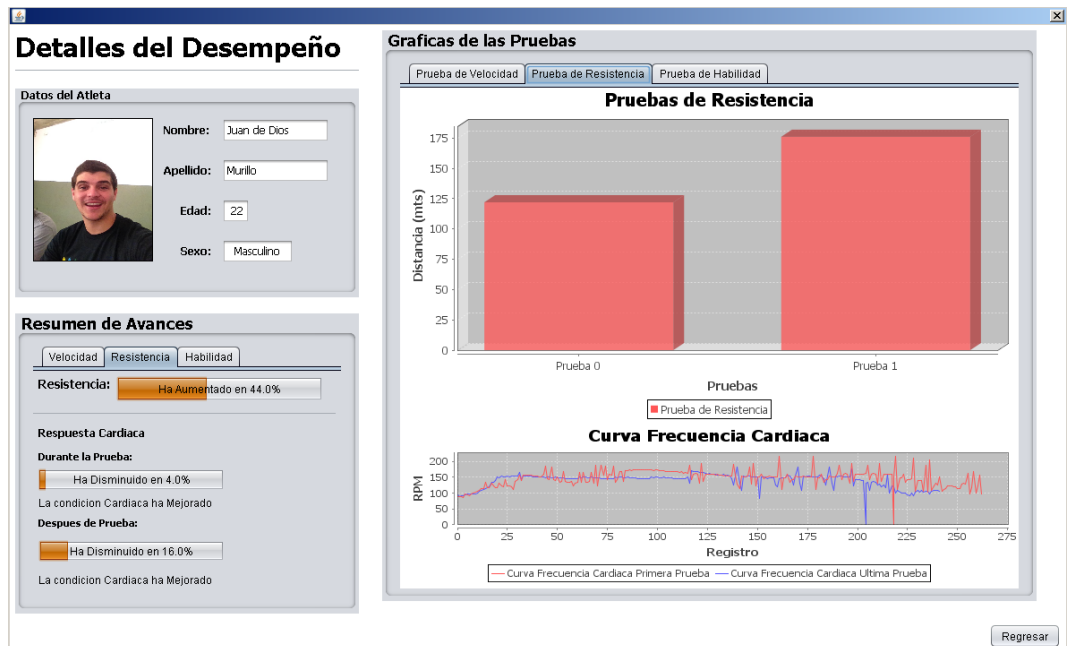
Anexo C.- Capturas de la Aplicación. Resultados de las Pruebas Emuladas de Rendimiento Físico.

- Atleta Cesar Chaurel



SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

- Atleta Juan de Dios Murillo



VIII.- APÉNDICE A: ESPECIFICACIONES DE LECTORES *RFID* COMPARADOS



Product Overview

ALR-9900 Enterprise RFID Reader

High Performance, Easy to Deploy,
Easy to Manage

The Alien® ALR-9900 Enterprise Reader enables users to deploy manageable, robust, best-in-class EPC Gen 2 RFID solutions for supply chain, manufacturing and asset management applications. Based on the popular ALR-9800, the ALR-9900 adds enhanced interference rejection, monostatic antenna connections and a much smaller footprint. The ALR-9900 delivers high read rates in demanding applications in an easy-to-integrate, easy-to-manage package.



- › High read rates for demanding applications
- › Enhanced noise rejection for reliable data capture in noisy environments
- › Easy integration with RFID software
- › EPC Gen 2 Interoperable
- › Small footprint (8" x 8") and easy monostatic antenna layout
- › Manageable and upgradeable

Interoperable and Broadly Supported

Alien pioneered the network-ready EPC RFID reader with the widely-supported Alien Reader Protocol. The ALR-9900 is supported by key RFID platforms including Microsoft BizTalk RFID, IBM WebSphere 6.0, Oat Systems, and Oracle. Proven support for SAP through 3rd-party middleware is also available. A well-documented SDK featuring .NET and Java libraries enables easy, custom interfaces to control the reader if desired.

The ALR-9900 includes support for remote firmware management and remote monitoring via the Simple Network Management Protocol (SNMP), which enables the network to monitor real-time health, revision and status information from the reader.

Powerful Interfaces for Effective Integration

The Alien Reader Protocol features Autonomous Mode, a programmable state machine that enables the reader to operate independently based on external triggers, timing or software inputs. This flexible system leads to best-in-class read rates by enabling users to precisely control the parameters for timing, protocols, antenna usage and other critical variables without network latency.

A flexible general-purpose input-output (GPIO) system enables tight integration with external sensors and actuators for effective integration with existing business processes. High capacity, optically isolated

 ALR-9900 Enterprise RFID Reader High Performance, Easy to Deploy, Easy to Manage	 ALR-9900 Enterprise RFID Reader High Performance, Easy to Deploy, Easy to Manage
 Developer Kit General Purpose I/O (GPIO) signals can drive many external devices directly, eliminating the need for costly digital I/O equipment and relays. Optical isolation ensures accurate reception of triggering signals in noisy, industrial environments. Middleware access to GPIO inputs and outputs enables direct control via software. Configurable notification modes, data routing options and data formats provide flexibility and ease-of-integration. The ALR-9900 is backwards compatible with Allen's popular ALR-9800, enabling users to easily operate a mixed population or to transition from one to the other. Monostatic Simplicity The ALR-9900 provides the added simplicity of a monostatic antenna topology, which provides a smaller footprint and easier integration for certain applications such as small item tagging. Only one antenna per read point is required, reducing system cost and complexity. A proprietary, active, noise cancellation mechanism ensures high read rates from the monostatic antenna system. Power and LAN Failsafe Mechanisms Protect Data The loss of power or LAN connectivity does not lead to the loss of critical tag data. The ALR-9900 caches tag lists in non-volatile memory, preserving data even in the event of a power loss.	When operating in Autonomous Mode, the reader will continue to collect up to 2500 tag records even if the LAN connection is interrupted. Upon recovery of the LAN connection, middleware can download accumulated tag data from the reader. Interference Management The ALR-9900 offers several methods for interference mitigation that provide a powerful solution to the challenge of noisy environments. Good Citizen: EPC Gen 2 Dense Reader Mode The ALR-9900 is compliant with the EPC Gen 2 Dense Interrogator specification, which reduces interference impact on other readers. The mode significantly reduces the out-of-channel noise introduced by the reader, thereby enabling larger numbers of readers to coexist without reducing read rates. Noise Resistant: Strong Filtering for Interference Rejection The powerful, dynamically adjustable signal processing architecture of the ALR-9900 ensures strong interference rejection in the presence of other readers or devices. Intelligent Operator: Event-triggered operation and Autonomous Mode The Autonomous Mode functionality of the Allen Reader Protocol enables the reader to collect tag data when triggered by external events detected by photo eyes and other sensors. In this mode, readers are activated only when needed, thereby reducing the number of readers operating at any given moment, and the resulting ambient noise level. High Performance, Easy to Deploy, Easy to Manage The Allen ALR-9900 Enterprise RFID Reader enables users to deploy manageable, robust, best-in-class RFID thanks to: > A flexible API with broad software support > A high performance radio > Data protection > Robust dense reader interference management

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.



ALR-9900 Enterprise RFID Reader

High Performance, Easy to Deploy, Easy to Manage

Model Number	ALR-9900
Architecture	XScale processor, Linux, 64 Mbytes RAM, 64 MBytes Flash
Supported RFID Tag Protocols	EPC Gen 2; ISO 18000-6c
Reader Protocols	Alien Reader Protocol, SNMP, firmware upgradeable
LAN Protocols	DHCP, TCP/IP, NTP
Dense reader management	Dense Reader Mode, Event triggering
Frequency	902.75 MHz – 927.25 MHz
Channels	50
Channel Spacing	500 KHz
RF Power	Max 4 watts EIRP with Alien Antenna
Power	Tri-voltage AC/DC power converter; 45 Watts maximum 120 or 240 VAC
Communications	RS-232 (DB-9 F), LAN TCP/IP (RJ-45)
Antennas	4 ports; monostatic topology; circular or linear polarization, reverse polarity TNC
General Purpose Inputs/Outputs	4 inputs, 8 outputs, optically isolated, 0.5 amp, requires external power source of no more than 24 volts
Dimensions	(L) 8.0" x (W) 8.3" x (D) 1.8"
Weight	1.5 kg (4.4 lb)
Operating Temperature	-20°C to +50°C (-4°F to +122°F)
Dust and Moisture	IP53
LED Indicators	Power, Link, Active, Ant 0-3, CPU, Read, Sniff, Fault (red)
Software SDK	Java and .NET APIs
Compliance Certification	Emissions: FCC Part 15 Safety: UL 60950

Copyright © 2007 Alien Technology Corporation. All rights reserved.
Alien, Alien Technology, and the Alien Technology logo are trademarks or registered trademarks of Alien Technology Corporation in the U.S. and other countries. Other trademarks are the property of their respective owners.
September 2007


Alien Technology
18220 Butterfield Blvd.
Morgan Hill, CA 95037
866-RFID-NOW
www.alientechnology.com



MERCURY6

4-Port Enterprise UHF RFID Reader



The Mercury6 (M6) is a low profile, high-performance 4-port RFID reader designed for both indoor and outdoor applications. Driven by ThingMagic's powerful Mercury6e UHF RFID reader module, the M6 Power over Ethernet (PoE) and WiFi options allow for flexible, low cost, installations. With full support for ThingMagic's enterprise-class MercuryOS software, M6 is compatible with both corporate IT infrastructures and sheltered outdoor environments.

Tag / Transponder Protocols	
RFID Protocol Support	EPCglobal Gen2 (ISO 18000-6C) with DRM ISO 18000-6B (optional) IP-X (EM 412x) (optional)
UHF RFID Antenna Interface	
Interface	Four RP-TNC connectors
RF Power Output	Separate read and write levels, adjustable from 5 dBm to 31.5 dBm* (1.4W) with +/- 0.5 dBm accuracy above +15 dBm
Frequency	902-928 MHz (FCC; NA, SA) 865.6-867.6 MHz (ETSI; EU) 865-867 MHz (MCIT; India)
Data/Control/Wireless Interfaces	
Connectors	RJ45 (10/100 Base-T Ethernet) USB Type B (console port) USB Type A (accessory port) HDMI (GPIO interface) 5.54 mm sealed connector (DC power) Reverse polarity SMA jack (optional WiFi antenna)
Wireless	Internal 802.11 b/g (optional) WEP 40-bit and 104-bit keys; WPA & WPA2 with TKIP and AES algorithms with pre-shared keys or EAP-TLS USB type A interface permits future support for external wireless technologies.
Indicators, switches, and GPIOs	1 two-color LED status indicator; Reset switch; Isolated GPIOs; 4 inputs & 4 Outputs plus +5 VDC and grounded references
Physical	
Dimensions	19 cm L x 17.8 cm W x 3.4 cm H (7.5 in L x 7.0 in W x 1.3 in H)
Weight	2 lbs (0.9 kg)
Regulatory & Safety	
Regulatory	FCC 47 CFR Ch.I Part 15 Industrie Canada RSS-210 ETSI EN 302 208 V1.2.1
Other	RoHS compliant per EU directive 2002/95/EC; UL Listed (Pending)

Power	
Power Over Ethernet	Power over Ethernet 802.3af in both modes A and B (Supports 100m cable).
External DC Power	10- 30 VDC supply voltage. Maximum DC power: 15 W
Environment	
Operating Temp.	-20C to +50C
Storage Temp.	-40C to +85C
Dust and water immunity	IP52
Humidity	5% to 95%, non-condensing
Architecture	
Operating System	Linux kernel version 2.6
Performance	
Max Tag Read Rate	Over 400 tags/second
Max Tag Read Distance	Over 30 feet (9 m) with 6 dBi antenna (30 dBm EIRP)
Max EPC ID Length	Up to 496 bits
MercuryOS Features	
Networking	Cisco-certified DHCP & DNS-based configuration and firmware management, TCP/IP networking stack
Security	SSL/SSH-based security
Web-Based Control	Configuration and Monitoring from a web browser; HTTP/HTTPS



*Maximum power may have to be reduced to meet regulatory limits, which specify the combined effect of the module, antenna and cable. Specifications subject to change without notice.

***IX.- APÉNDICE B: ESPECIFICACIONES DE
EQUIPOS IDEALES PARA EL SISTEMA *RFID****

UHF GEN 2 RFID
Impinj



The image shows a white Impinj Speedway Revolution RFID reader. It has four antennas on top labeled ANT 1, ANT 2, ANT 3, and ANT 4. The front panel features a 12VDC 1.0A power input, an Ethernet port, a USB Device port, a USB Host port, a Console port, and a GPIO port. The Impinj logo and 'SPEEDWAY REVOLUTION' are printed on the top surface.

Speedway® Revolution with AUTOPILOT

Superior Performance Made Easy

Technology leader Impinj envisioned the RFID system of tomorrow—and it has a mind of its own. The Speedway Revolution reader automatically delivers peak performance—all day, every day.

Ensuring RFID Success—Automatically

Application environments are dynamic. Does your reader keep up?

Did you define your RFID deployment carefully? Did you think of every scenario, anticipate all the ways the system could break and what to do when that happened? And it worked beautifully in the lab, but then the real world threw you some curve balls?

Perhaps you designed your system for cases and pallets. But now you want to track items too?

Maybe you desire expert RFID performance but don't have an RFID expert?

Do you want a system that will continue to function well, even as your business grows and changes?

Impinj's latest fixed reader, the Speedway® Revolution, solves these situations and more. It builds upon the industry-leading reputation of the original Speedway with new innovations to raise the performance bar even higher. Best of all, the Autopilot features ease deployment and maintenance.

Autopilot

Senses, Configures, Adapts—24/7

RF interference, tag quantity, ambient RF noise, and even building materials near an RFID installation all affect system performance. Most users configure their readers for worst case scenarios, often compromising best performance in the process. With the Speedway Revolution's Autopilot, innovative firmware features work together, automatically optimizing the reader operation to its environment—delivering peak performance at all times.

- › **Autoset** continuously optimizes the reader's configuration for the best, most reliable performance. The Speedway Revolution senses levels of RF noise and interference, automatically selecting the appropriate settings.
- › **Low duty cycle** reduces RF interference, power consumption, and energy costs. The Speedway Revolution only transmits when tags are in the field, helping to clear the air of unnecessary RF noise.
- › **Dynamic antenna switching** improves throughput and helps the reader work more efficiently. Speedway Revolution senses where tags are in the field and automatically focuses more time on the antennas with the largest tag populations in view. For example, if a low-height pallet follows taller pallets through a portal, the Speedway Revolution reduces time spent on antennas in the upper positions.

And the Speedway Revolution improves upon the advanced hardware capabilities which made the original Speedway the reader of choice for many demanding customers—capabilities such as best receive sensitivity, interference rejection, and item-level carrier cancellation.



Expanding Options, Reducing Costs

With its compact form factor and support for new features such as Power over Ethernet (PoE) and Sierra Wireless cellular modem connectivity, the Speedway Revolution delivers increased application and deployment flexibility. PoE simplifies deployment and dramatically reduces cost by eliminating the need for AC outlet installation at read points. Made possible by the Speedway Revolution's low power consumption, PoE reduces operating costs as well as green house gas (GHG) emissions without compromise. Speedway Revolution delivers the full 30 dBm of transmit power and the highest read performance available—even with PoE operation.

Native support for Sierra Wireless AirLink PinPoint XT and AirLink Raven XT cellular modems opens up new deployment and application models by enabling GSM or CDMA connectivity to the Internet through your preferred cellular carrier. Application examples include remote read points where wired connectivity is not feasible nor cost effective, enabling services and solutions where connecting to the local enterprise network is too cumbersome, or mobile service and delivery vehicles. With Sierra Wireless AirLink PinPoint XT, Speedway Revolution also provides Global Positioning System (GPS) location of the reader along with each tag read.

- › 2 and 4 antenna port configurations
- › Power over Ethernet (PoE) and cellular modem connectivity
- › Autopilot (automatically senses environment and configures settings for best performance)
- › Enterprise-class management and monitoring
- › Support from industry-leading software vendors such as Microsoft and IBM
- › Industry standard application interface with support for EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP)
- › Industry's best sensitivity
- › Innovative features to enable read zone containment and eliminate stray reads
- › Support for all Monza® family tag chip features
- › High transmit power capable to overcome cable losses
- › EPCglobal-compliant design
- › Quality design resulting in industry's highest reliability
- › Global partner and support network

Whether you're initiating a pilot program, transitioning your pilot to full deployment, or expanding your RFID capability, Impinj's Speedway Revolution reader will ensure a rewarding deployment experience.

*Impinj—defining the future of RFID—
where superior performance comes easy.*



Speedway R220



Speedway R420

SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FÍSICO PARA ATLETAS DE ALTO DESEMPEÑO.

Speedway® Revolution Readers At A Glance

PRODUCT DETAILS	SPEEDWAY R420	SPEEDWAY R220																	
Air Interface Protocol	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C																		
Performance	Includes all possible performance configurations and functionality to deliver peak performance for even the most challenging of applications	Intended for less demanding applications. Does not support the maximum throughput modes available on R420 including Max Throughput FMO, Hybrid, Max Miller and AutoSet Single Reader																	
Supported Regions or Geographies	• US, Canada, and other regions following US FCC Part 15 regulations • Europe and other regions following ETSI EN 302 208 v1.2.1 without LBT regulations For complete region list visit: http://www.impinj.com/Speedway_Revolution_Readers.aspx																		
Antennas	4 high performance, monostatic antenna ports optimized for Impinj reader antennas (RP TNC)	2 high performance, monostatic antenna ports optimized for Impinj reader antennas (RP TNC)																	
Transmit Power	• +10.0 to +30.0 dBm (PoE) • +10.0 to +32.5 dBm (external universal power supply)																		
Max Receive Sensitivity	-82 dBm																		
Min Return Loss	10 dB																		
Application Interface	EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v1.0.1, Speedway Revolution SDK & EDK																		
Network Connectivity	10/100BASE-T auto-negotiate (full/half) with auto-sensing MDI/MDX for auto-crossover (RJ-45)																		
Cellular Connectivity*	• Sierra Wireless AirLink PinPoint XT (CDMA or GSM connectivity with GPS data) • Sierra Wireless AirLink Raven XT (CDMA or GSM connectivity) (* Available through Impinj-authorized partners)																		
IP Address Configuration	DHCP, Static, or Link Local Addressing (LLA) with Multicast DNS (mDNS)																		
Time Synchronization	Network Time Protocol (NTP)																		
Management Interfaces	• Impinj Web Management UI • Impinj RShell Management Console using serial management console port, telnet or SSH • SNMPv2 MIBII • EPCglobal Reader Management v1.0.1 • Syslog																		
Reliable Firmware Upgrade	• Dual image partitions enable smooth transition to new firmware while the reader is still operating • Scalable upgrade mechanism enables simultaneous scheduled upgrades of multiple readers • USB Flash Drive • Impinj Web Management UI																		
Management Console	• RS-232 using a standard Cisco-style management cable (DB-9 to RJ-45) • Baud rate: 115200, Data: 8 bit, Parity: none, Stop: 1 bit, Flow control: none																		
USB	• USB L1 Device (Type B) and Host (Type A) ports • USB Virtual COM Serial Port and USB drive support for embedded applications																		
GPIO	• 4 inputs, optically isolated 3-30V; 4 outputs, optically isolated, 0-30V, non-isolated 5V, 100mA supply (DB-15)																		
Power Sources	• Power over Ethernet (PoE) IEEE 802.3af • +24 VDC @ 800mA via external universal power supply with locking connector—sold separately																		
Power Consumption	<table><thead><tr><th></th><th>Idle</th><th>Typical</th><th>LDC</th></tr></thead><tbody><tr><td>PoE at +30 dBm</td><td>.3W</td><td>11.5W</td><td>6W</td></tr><tr><td>Power Supply at +30 dBm</td><td>.3W</td><td>13.5W</td><td>6W</td></tr><tr><td>Power Supply at +32.5* dBm</td><td>.3W</td><td>15W</td><td>6W</td></tr></tbody></table> (*maximum is 31.5 dBm for ETSI region readers)		Idle	Typical	LDC	PoE at +30 dBm	.3W	11.5W	6W	Power Supply at +30 dBm	.3W	13.5W	6W	Power Supply at +32.5* dBm	.3W	15W	6W		
	Idle	Typical	LDC																
PoE at +30 dBm	.3W	11.5W	6W																
Power Supply at +30 dBm	.3W	13.5W	6W																
Power Supply at +32.5* dBm	.3W	15W	6W																
Environmental Sealing	IEC IP52																		
Shock and Vibration	MIL-STD-883C Certified																		
Operating Temperature	-20 °C to +50 °C																		
Humidity	5% to 95%, non-condensing																		
Dimensions (H x W x D)	7.5 x 6.9 x 1.2 in (19 x 17.5 x 3 cm)																		
Weight	1.5 lbs (24.5 oz)																		
RoHS	Compliant to European Union directive 2002/95/EC																		

Impinj, Speedway, Powered by Impinj, and Monza are either registered trademarks or trademarks of Impinj, Inc. Other brands and names may be claimed as the property of others.



Impinj, Inc., 701 N. 34th Street, Suite 300 Seattle, WA 98103 www.impinj.com
rlid_inb@impinj.com Tel: 206.517.5300 Fax: 206.517.5362
 Copyright © 2011, Impinj, Inc. All rights reserved.



CIRCULAR POLARISED GROUND ANTENNA SlimLine - A6590C



The A6590C Ground Antenna

ABOUT TIMES-7

Pushing the boundaries of RFID technology worldwide Times-7 are leaders in RFID antenna design and manufacture. Our patented award winning UHF antennas meet the needs of virtually any industry application, providing customers with fast accurate tracking of products, assets & people, empowering organisations to transform processes & reduce costs.

Our SlimLine range of antennas are unique in the RFID industry, offering high levels of performance & durability in an aesthetically superior form. Proven in a diverse & growing range of markets, applications include: retail & customer interaction, conference & people tracking, race timing, baggage handling, and logistic & supply chain asset management.

Times-7 Research Ltd
29 Railway Avenue
Lower Hutt 5010
New Zealand
P: +64 4 569 1500
F: +64 4 569 1400

APAC
P: +64 4 974 6566

NORTH AMERICA
P: +1 858 225 2214

EMEA
P: +91 411 62 29 49

E: info@times-7.com

www.times-7.com

Part of Times-7's exclusively unique range of ground antennas the A6590C is optimised for RFID deployments involving moving products, assets and people. From conference attendee & people tracking, retail presence aware / loyalty marketing & race timing, the A6590C is ideal for applications where traditional side antennas are unsuitable or not optimised for the application.

At just 8 mm / 0.3 in. thick, the durable, high performance A6590C is uniquely capable of lying flat on the ground within a doorway sized footprint, and can withstand payloads of over 200 kg (440 lbs.).

Ultra-low profile circularly polarised UHF ground antenna

Just 8mm / 0.3 in. thick

Powerful 9 dBiC gain

Typical applications:
Conference attendee & people tracking,
retail marketing,
race & event timing

Specifications

Physical / Environmental Specifications

Dimensions (LxWxD):	915 mm x 305 mm x 8 mm 3 ft. x 1 ft. x 0.3 in.
Weight:	2 kg / 4.4 lbs.
Radome Material:	Fire retardant Kydex
Environmental Rating:	IP65
Operating / Storage Temperature:	-20° to +55°C / -30° to +65°C -4° to +131°F / -22° to +149°F
Connector type / position:	SMA female side fly lead (300 mm / 1 ft.)
Cable:	2m SMA to RPTNC (included)

Electrical Specifications

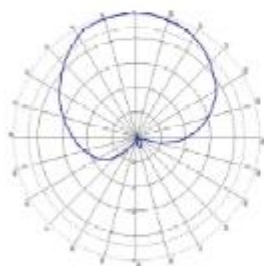
Frequency Range:	864 – 869 MHz / 902 – 928 MHz
Polarisation:	Circular
Far-field Gain:	9dBiC
Far-field 3dB beamwidth:	80° in XZ, 20° in YZ
Typical VSWR across frequency range:	< 1.4:1
Front to back ratio:	24dB
Axial Ratio:	ETSI: 3dB (typ) at boresight FCC: 2dB (typ) at boresight
Nominal Impedance:	50 Ω
Anti-static protection:	Yes
Maximum Input Power:	6 W



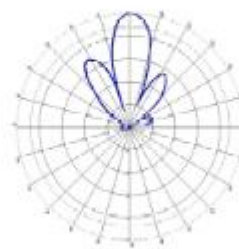


CIRCULAR POLARISED GROUND ANTENNA SlimLine - A6590C

E-field elevation & Azimuth Patterns



XZ-plane



YZ-plane

Ordering Information (please quote both product code & part no.)

Product Code	Band	Part No.
A6590C	ETSI 864-869 MHz	71324
A6590C	FCC 902-928 MHz	71325
Cable 4m, SMA to RPTNC		71437
Cable 8m, SMA to RPTNC		71438

Applications

- Conference Attendee / People Tracking
- Retail Presence Aware / Loyalty Based Marketing
- Race & Event Timing



The technical data contained in this publication is not a guarantee for which Times-7 Research Ltd assumes legal accountability. It is indicative of typical performance, and if required should be relied on for specific applications only after due verification.

All technical data, specifications and other information contained herein are deemed to be the proprietary intellectual property of Times-7 Research Ltd. No reproduction, copy or use thereof may be made without the express written consent of Times-7 Research Ltd.



Times-7, and the stylized T-7 Antennas logo are trademarks or registered trademarks of Times-7 Research Ltd. All other trademarks are the property of their respective owners.
© 2013 Times-7 Research Ltd. All rights reserved. Specifications are subject to change without notice.

Datasheet v1.4

OUR GLOBAL NETWORK

Constantly increasing market reach and influence in the global RFID industry. Times-7's international support spans The Americas, Europe, and Asia Pacific regions through our distributor, authorized reseller and integrated solutions provider network.

Times-7 Research Ltd
20 Railway Avenue
Lower Hutt 5010
New Zealand
P: +64 4 560 1500
F: +64 4 560 1400

APAC
P: +64 4 974 6566

NORTH AMERICA
P: +1 858 225 2214

EMEA
P: +31 411 62 29 49

E: info@times-7.com

www.times-7.com



UHF Sports Armband-38

www.RFID-in-China.com

E-mail: info@rfid-in-china.com

Tel : +86-20-86337193

Mob: +86-15817191372



SPECIFICATIONS

ITEM	COMMENT
Type	Contactless R/W Wristband
Operating Frequency	860MHz~960MHz
IC Available	H3 or H4 (others depend on request)
Size	chip:40mm*24mm, thickness:1mm
Reading Range	9m in max
Material	PVC
Operating Temperature	-40° C to +100° C
Storage Temperature	-40° C to +120° C

KEY FEATURES

ITEM	COMMENT
1	Waterproof IP 68
2	Anti-collision
3	Flexible & easy-to-wear
4	Reusable
5	100,000 times reading & writing
6	Could be customized, including Color, Printing, Numbering and so on
7	OEM available

Remark:

1. Specifications are subject to change, please pay attention to our latest one.

2. DAILY RFID reserves the right to the final interpretation of the above terms.

www.rfid-in-china.com

Tel: +86-20-86266518 / 86266538

E-Mail: info@rfid-in-china.com

LMR-600



LMR®-600 Flexible Low Loss Communications Coax

Ideal for...

- Jumper Assemblies in Wireless Communications Systems
- Short Antenna Feeder runs
- Any application (e.g. WLL, GPS, LMR, WLAN, WISP, WiMax, SCADA, Mobile Antennas) requiring an easily routed, low loss RF cable



• **LMR®** standard is a UV Resistant Polyethylene jacketed cable designed for 20-year service outdoor use. The bending and handling characteristics are significantly better than air-dielectric and corrugated hard-line cables.

• **LMR®-DB** is identical to standard LMR plus has the advantage of being watertight. The addition of waterproofing compound in and around the foil/braid insures continuous reliable service should the jacket be inadvertently damaged during installation or in the future.

• **LMR®-FR** is a non-halogen (non-toxic), low smoke, fire retardant cable designed for in-building runs that can be routed anywhere except air handling plenums. LMR-FR is UL/NEC & CSA rated 'CMR' and 'FT4' respectively, meets FAA FAR25 requirements and is MSHA-P for mining applications.

• **LMR®-FR-PVC** is a general-purpose indoor cable and has a UL/NEC & CSA rating of 'CMR' and 'FT4' respectively. It is less expensive than LMR-FR, however it emits toxic fumes (HCL) and greater smoke density when burned.

• **LMR®-PVC** is designed for low loss general-purpose applications and is somewhat more flexible than the standard polyethylene jacketed LMR.

• **LMR®-PVC-W** is a white-jacketed version of LMR-PVC for marine and other applications where color compatibility is desired.

• **Flexibility** and bendability are hallmarks of the LMR-600 cable design. The flexible outer conductor enables the tightest bend radius available for any cable of similar size and performance.

• **Low Loss** is another hallmark feature of LMR-600.

Size for size LMR has the lowest loss of any flexible cable and comparable loss to semirigid hard-line cables.

• **RF Shielding** is 50 dB greater than typical single shielded coax (40 dB). The multi-ply bonded foil outer conductor is rated conservatively at > 90 dB (i.e. >180 dB between two adjacent cables).

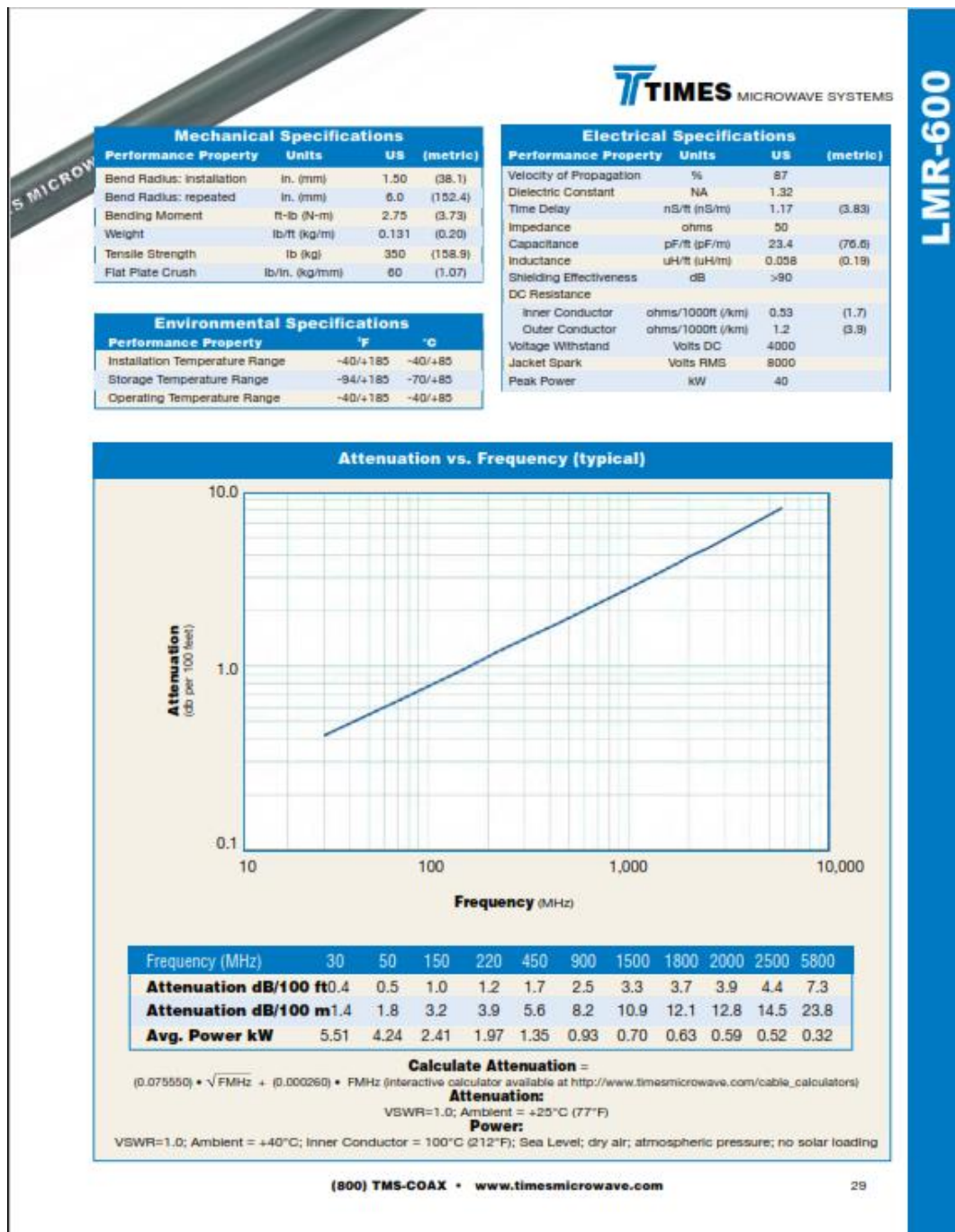
• **Weatherability:** LMR-600 cables designed for outdoor exposure incorporate the best materials for UV resistance and have life expectancy in excess of 20 years.

• **Connectors:** A wide variety of connectors are available for LMR-600 cable, including all common interface types, reverse polarity, and a choice of solder or non-solder center pins. Most LMR connectors employ crimp outer attachment using standard hex crimp sizes.

• **Cable Assemblies:** All LMR-600 cable types are available as pre-terminated cable assemblies. Refer to the section on FlexTech for further details.

Part Description				Stock
Part Number	Application	Jacket Color	Code	
LMR-600	Outdoor	PE	Black	54003
LMR-600-DB	Outdoor/Watertight	PE	Black	54093
LMR-600-FR	Indoor/Outdoor Riser CMR	FRPE	Black	54032
LMR-600-FR-PVC	Indoor/Outdoor Riser CMR	FRPVC	Black	54074
LMR-600-PVC	General Purpose	PVC	Black	54219
LMR-600-PVC-W	General Purpose	PVC	White	54206

Construction Specifications			
Description	Material	In.	(mm)
Inner Conductor	Solid BCCAl	0.176	(4.47)
Dielectric	Foam PE	0.455	(11.56)
Outer Conductor	Aluminum Tape	0.461	(11.71)
Overall Braid	Tinned Copper	0.490	(12.45)
Jacket	(see table above)	0.590	(14.99)



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
ESCUELA DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
SISTEMA DE MONITOREO DE RENDIMIENTO FISICO PARA ATLETAS DE
ALTO DESEMPEÑO

César Augusto Chaurel Pérez
Universidad Católica Andrés Bello
cesarchaurel02@gmail.com

Juan De Dios Murillo Castellano
Universidad Católica Andrés Bello
jddmurilloc@gmail.com

Resumen

El sistema de monitoreo de rendimiento físico para atletas de alto desempeño contempla, el diseño y elaboración de un sistema de monitorización que es capaz de obtener, analizar, calcular y mostrar los parámetros de rendimiento físico de dichos atletas, todo esto realizado de forma automática, precisa y simultánea. Este sistema utilizando la tecnología *RFID* logra la obtención de tiempos de cronometraje, los cuales dependen de distintos arreglos estratégicos de antenas y el parámetro que se quiera medir. Para la recolección del ritmo cardiaco se utilizó un transmisor receptor inalámbrico Polar en el cual la información de las pulsaciones se almacena con tecnología Arduino, El sistema está conformado por tres subsistemas; un sistema encargado de la detección de tiempos, el sistema de detección de ritmo cardiaco y la aplicación de *software* que analiza todos los datos obtenidos para mostrar un resultado del rendimiento físico. El atleta posee consigo un *tag RFID* que al pasar por las distintas antenas, se detectan los tiempos que desarrolla el mismo en un determinado ejercicio. El *tag* está ligado a un módulo electrónico capaz de captar las

pulsaciones mediante un medidor de ritmo cardiaco, el cual envía la información por medio de radiofrecuencia, y la misma es almacenada con el sistema Arduino; por otra parte el otro subsistema es un *software* para el procesamiento de los datos, este sistema que fue programado en lenguaje Java, utiliza el tiempo y ritmo cardiaco para calcular los distintos parámetros que son necesarios para determinar el rendimiento físico de un atleta de alto desempeño. Los parámetros que serán calculados son: velocidad, potencia, habilidad y ritmo cardiaco, los cuales representan los fundamentos necesarios que se deben analizar a la hora de determinar el estado físico de un atleta, todos estos datos son mostrados en la aplicación de forma gráfica e intuitiva.

Palabras Claves: Rendimiento Físico, Atletas, Monitoreo, *RFID*, Arduino.

Abstrac

The monitoring of physical performance for athletes provides high performance, design and development of a monitoring system that is able to collect, analyze, calculate and display the parameters of physical performance of these athletes, all done automatically, accurate and

simultaneous. This system using RFID technology can obtain timing times, which depend on various strategic antenna arrays and the parameter to be measured. To pick the Polar heart rate transmitter wireless receiver in which information is stored keystrokes with Arduino technology, the system consists of three subsystems used; a system responsible for detection times, the detection system for heart rate and software application that scans all the data to display a result of physical performance. The athlete has to get an RFID tag by passing through different antennas, which develops the same time in a given year are detected. The tag is attached to an electronic module capable of capturing keystrokes using a heart rate meter, which sends the information via radio frequency, and it is stored with the Arduino system; otherwise the other subsystem is software for processing the data, this system was programmed in Java, uses the time and heart rate to calculate the various parameters needed to determine the physical performance of an athlete high performance. The parameters to be calculated are: speed, power, skill, and heart rate, which represents the foundation needed to be analyzed for determining the physical condition of an athlete, all these data are shown in the application of graphical and intuitive.

Keywords: *Physical Performance, Athletes, Monitoring, RFID, Arduino.*

1.- Introducción

La influencia del deporte en diversos aspectos hace que la práctica del mismo sea

llevada a cabo al más alto nivel, logrando el desarrollo óptimo en atletas de alto desempeño. En este trabajo especial de grado se propone un esquema de implementación completo que permita medir tiempos de un punto inicial a un punto final mediante el uso de tecnología *RFID*, y medir el ritmo cardiaco de cada atleta durante y después del ejercicio. En función de los tiempos obtenidos recorridos en distancias conocidas, es posible calcular parámetros como velocidad, potencia y resistencia de forma automática, precisa y simultánea.

2.- Planteamiento del problema y objetivos del proyecto

En el ámbito deportivo, la característica primordial a mejorar en un atleta es su condición física, esto se logra implementando rutinas de ejercicios específicas que son aplicadas por especialistas en el área, dichas rutinas poseen diversos parámetros que son esenciales para esta mejora, los cuales son medidos por el especialista a cada uno de los atletas, llevando de forma individual un control y registro de los mismos. Al momento de realizar estas mediciones a un número mayor de atletas, en el caso de los deportes colectivos, la tarea del especialista físico se ve en la dificultad del factor tiempo y de la imprecisión humana al momento de llevar a cabo la medición, de modo que es notable que dicha medición es imprecisa lo cual conlleva a cometer fallas por las causas nombradas.

El propósito de esta investigación es diseñar un prototipo que permita solventar esta problemática, para lograr una medición de forma automática, inalámbrica y fiable en cuanto al margen de error, permitiendo al especialista medir de forma simultánea, los parámetros que son importantes para determinar una magnitud que indique el rendimiento físico en cierta sesión de ejercicios.

Se plantea en este trabajo un proyecto que tiene como objetivo general proponer un prototipo que permita monitorear el rendimiento físico en atletas de alto desempeño, que a su vez debe cumplir con los siguientes objetivos específicos: analizar qué tecnología Inalámbrica es la más adecuada a los requerimientos técnicos para la presente investigación, determinar los componentes electrónicos que conformaran el módulo de medición de ritmo cardiaco, diseñar un módulo electrónico que reciba y almacene la información emitida por el sensor de frecuencia cardíaca y que eventualmente la transmita a través de tecnología Inalámbrica, determinar el arreglo de la tecnología inalámbrica seleccionada mediante el posicionamiento estratégico de las antenas de recepción, para el cálculo de los parámetros del rendimiento físico: velocidad, potencia y resistencia; además diseñar una aplicación de *software* que permita realizar los cálculos de los parámetros del rendimiento físico, Diseñar una interfaz gráfica que permita mostrar los resultados calculados del rendimiento físico, para su interpretación por parte del especialista y finalmente realizar pruebas de rendimiento físico emulando sesiones de

entrenamiento reales haciendo uso del sistema completo.

3.- Marco teórico

3.1.- Rendimiento físico

El rendimiento físico se refiere a la capacidad de realización de actividades físicas determinadas con el mayor desempeño y el menor gasto energético posible, en función de las expectativas que se quieran alcanzar. Es un término que depende de diferentes factores, por lo tanto para poder medirlo es necesario el análisis de una serie de parámetros; los cuales en conjunto con su debida interpretación dan pie a realizar conclusiones acerca del estado físico del atleta.

3.1.1.- Medición del rendimiento físico

La medición del rendimiento físico se basa en diversos parámetros; estos enlazados con un factor muy importante que sería el ritmo cardiaco, bajo un circuito de entrenamiento específico se miden tiempos y distancias, con el uso apropiado de esta información se obtienen los distintos parámetros que arrojan el rendimiento físico de un atleta. Los parámetros son:

Medición de la velocidad: La velocidad en términos de atletismo puede ser expresada como se mide la rapidez en el ámbito de la física y el análisis del movimiento de un objeto. La rapidez de un móvil será equivalente al cociente de la distancia recorrida por el mismo, entre el tiempo que tardó en hacer el recorrido, por lo tanto para medir la velocidad de un

deportista, el entrenador se limita a medir el tiempo en que tarda de ir de un punto a otro, donde la distancia viene dada por la posición inicial y final en la que se mide dicho tiempo.

Medición de la resistencia: La resistencia es un parámetro que puede ser medido en comparación a la mejora o desmejora de la distancia recorrida por un atleta en un tiempo fijo. Cuando en una sesión de entrenamiento en la cual el tiempo del ejercicio es fijo, si el deportista logra una marca inferior a la de la sesión anterior, hay un aumento de la resistencia del atleta.

Medición de la habilidad: La prueba de habilidad busca medir la capacidad anaeróbica del atleta, lo cual es una combinación de velocidad con resistencia, la capacidad de acción y reacción en un tiempo determinado si se ve disminuida, es indicativo de que el atleta posee un aumento en su habilidad.

3.1.2.- Medición del ritmo cardiaco

El ritmo cardíaco es el período armónico de latidos cardíacos formado por los sonidos de Korotkoff, El corazón latirá durante la sístole, que es la contracción del corazón para impulsar sangre (primer sonido de Korotkoff) y durante la diástole (relajación del corazón que permite que se vuelva a llenar de sangre para la sístole (segundo sonido de Korotkoff). (Ecured, s.f.). El ritmo cardiaco está ligado directamente a la determinación del rendimiento físico, toda actividad deportiva requiere de un desgaste motriz en el cual el

corazón va a trabajar a una mayor velocidad mientras todos los músculos del cuerpo se encuentren agitados o en pleno ejercicio.

La detección del ritmo cardiaco se realiza mediante las variaciones de corriente cardiacas en función del tiempo, el Electrocardiograma (ECG), es una manifestación gráfica de este comportamiento. El registro del electrocardiograma es el electrocardiógrafo, como se observa en el grafico 1.



Grafico 1 Electrocardiografo.
Tomado de (Universidad tecnológica de Pereira, 2007).

El ritmo cardiaco es analizado en el ECG por medio del circuito detector de complejo QRS, que es el que determina el número de veces que el corazón realiza la diástole y la sístole, por lo tanto si se logra capturar el momento en que ocurre el complejo QRS y compararlo entre cada uno de los latidos, es posible arrojar un resultado de la frecuencia cardiaca. Este circuito permite obtener los valores del ECG necesarios para luego realizar un procesamiento de estos datos en función de la variación de tiempo entre cada latido, para poder determinar el ritmo por minuto (RPM).

Cuando el ECG atraviesa el circuito de detección de complejo QRS, ya está listo para ser analizado por un procesador de datos que posee un algoritmo especializado en este tipo de variables, que logra medir el

RPM de la persona por el tiempo que hay entre cada latido del corazón, los latidos del corazón son representados por el complejo QRS, pero este complejo posee elementos que el procesador no es capaz de analizar, por esto es que el circuito se encarga de llevar el complejo QRS a pulsos de nivel, valores que el procesador es capaz de analizar. (Antillón & Reyes)

3.2.- Tecnologías inalámbricas

Las tecnologías inalámbricas son aquellas que logran la transmisión de datos mediante ondas electromagnéticas, utilizando como medio de transmisión el espacio, por lo que no existen dispositivos físicos que interactúen en el proceso de comunicación salvo lo que serían antenas, transmisores, receptores, dispositivos móviles y otros.

3.2.1.- RFID (Radio Frequency Identification)

<<Un sistema de *RFID* (*Radio Frequency Identification*) es la tecnología inalámbrica que nos permite, básicamente, la comunicación entre un lector y una etiqueta. Estos sistemas permiten almacenar información en sus etiquetas mediante comunicaciones de radiofrecuencia>> (J.M. Ciudad, E. Sama, 2005).

Un sistema *RFID* incluye los siguientes componentes:

1. Chip: normalmente hecho de silicio, contiene información del artículo al cual está unido. (V. Candel, 2006).

2. Antena: usada para transmitir las señales de RF entre el lector y el dispositivo *RFID*. (V. Candel, 2006).

3. Transponder: es el conjunto del chip más antena, también conocido como *Tag* o etiqueta (B. Glover, H. Bhat, 2006).

4. Lector o módulo digital: el cual recibe las transmisiones RF desde el dispositivo *RFID* y proporciona los datos al sistema servidor para su procesamiento.

3.3.- Plataformas de desarrollo basadas en microcontroladores

La implementación de un sistema o prototipo tecnológico para lograr medir los distintos parámetros, contempla un *software* y un *hardware* (medio sobre el cual correrá el *software*), conociendo esto entra en discusión el concepto de plataforma de desarrollo o también conocidas como plataformas microcontroladoras. Como *hardware* el Arduino se define como una plataforma desarrolladora basada en microcontroladores, con un *hardware* y *software* bastante flexible y fácil de usar. Caracterizada por ser un prototipo de código abierto (*open-source*), puede tomar información del entorno a través una cantidad de pines de entrada, haciendo uso de variados sensores, así como también controlar agentes externos. La tecnología posee su propio lenguaje de programación llamado Arduino, basado en el lenguaje Wiring, de igual manera el entorno de desarrollo es basado en Processing.

3.4.- Lenguajes de programación

3.4.1.- Java

Como *software* se puede tomar en cuenta el diseño de una aplicación que sirve como entorno a la hora de presentar los parámetros medidos e información de una manera amigable. Uno de los lenguajes de programación más populares y usados en el desarrollo de aplicaciones de *software* es Java, el cual constituye una plataforma completa para el desarrollo de *software*, debido a que posee una gran biblioteca con facilidades para el desarrollador y aplicaciones con numerosos códigos reutilizables y un entorno de programación que proporciona servicios tales como seguridad y portabilidad entre sistemas operativos. (Deitel & Deitel, 2008)

3.4.2.- Base de datos

Son un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. Existen dos tipos de bases de datos dentro de la gestión de bases de datos, las cuales están divididas en: bases de datos operacionales y bases de datos analíticas.

4.- Marco metodológico

Para alcanzar los objetivos planteados, se utilizó una metodología que consta de la modalidad de “Proyecto Especial”. Este trabajo constará de dos metodologías: investigación científica e investigación de campo, teniendo gran énfasis en el desarrollo experimental del mismo. El trabajo se divide en las siguientes fases:

En la primera fase se llevó a cabo un levantamiento de información sobre los

parámetros que son necesarios para hacer mediciones del rendimiento físico como ritmo cardíaco, rapidez, fuerza y movilidad. Se estudiaron distintas tecnologías inalámbricas como *Wi-Fi*, *Zigbee*, *RFID* y *Bluetooth*, resaltando características de cada una de ellas. Además se estudiaron algunas plataformas de desarrollos basadas en microcontroladores como Beagleboard, la placa Raspberry Pi y por último la placa Arduino. Finalmente se estudió el lenguaje de programación Java, en el cual se basa la aplicación final a nivel de *software* del prototipo, y que ligado al lenguaje de base de datos *MySQL*, conforman la aplicación final al usuario.

La segunda fase se enfocó en la selección de las tecnologías que integrarían el sistema de monitoreo de rendimiento físico y del ritmo cardíaco. En función de la investigación teórica realizada en la fase anterior de la cual se logró concluir que la tecnología a utilizar para el sistema de medición de tiempos es *RFID*, la tecnología a utilizar en el sistema de medición de ritmo cardíaco es un sistema de recepción y transmisión de pulsaciones completamente inalámbrico de marca polar, el cual almacena la información del ritmo cardíaco en una placa Arduino.

Tomando en cuenta la decisión anterior, se prosiguió a realizar el diseño del sistema de medición de tiempos llevando a cabo una detallada elección de cada uno de los componentes integradores del sistema derivados de la tecnología inalámbrica que se adaptara mejor al prototipo del diseño. Estos elementos son: lector, antena, *tag* y cables.

Seguidamente, en base a la selección de la segunda fase, en la cual se definieron los componentes del sistema de medición de ritmo cardiaco, se estudió el proceso por los cuales se verán afectados los datos obtenidos por cada componente que integra el sistema de medición de ritmo cardiaco.

Para finalizar con el proceso de selección y definir en concreto el diseño del sistema de monitoreo de rendimiento físico, se realizó el estudio de diferentes lenguajes de programación especialmente entre Java y Visual Basic. Se analizó cada una de las características que ofrecen los lenguajes estudiados que ligadas a las necesidades del presente proyecto dieron como resultado la escogencia del lenguaje de programación de Java basado en los siguientes objetivos:

- Establecer una conexión entre la aplicación y los diferentes sistemas (medición de tiempo con *RFID* y medición de Ritmo Cardiaco con Polar).
- Almacenar la información recolectada por los dos sistemas descritos anteriormente.
- Procesar de la información de manera óptima y rápida.
- Mostrar los resultados de manera gráfica, para el posterior análisis de los mismos.

Para la gestión de la base de datos se encontraron diversas herramientas entre las cuales destacan *MySQL* y *PostgreSQL*, ambas poseen características excelentes para el manejo de base de datos, sin embargo un factor que se debe rescatar y motivo por el cual se seleccionó *MySQL*

como gesto, es el alto rendimiento que posee, a la hora de realizar consultas, es 3 veces más rápido que *PostgreSQL*. El entorno de desarrollo de Java seleccionado fue NetBeans y la herramienta *Workbench* de *MySQL* para la elaboración de la base de datos.

Como sexta fase, luego de elegir Java como lenguaje de programación para el diseño de una aplicación de *software* que mostrara los resultados de los parámetros obtenidos en el sistema de medición de rendimiento físico diseñado, se estudia los distintos conceptos y herramientas que son necesarias para que dicha aplicación cumpla con mostrar el estado físico en el cual se encuentra un atleta. En la elaboración de la base de datos se realiza un estudio previo evaluando las características que debía de poseer la misma, logrando así un diseño preliminar basado en los diferentes factores que inciden en el funcionamiento de la aplicación, dichos factores a efectos prácticos y en términos correcto se les denomina entidades, las cuales representaran un ente que cumple una función específica dentro de la aplicación. Establecidas las entidades se procedió a la realización del diagrama de entidad- relación con el fin de establecer las tablas que contendrá la base de datos. Para ello se hizo uso de la herramienta *Workbench* de *MySQL*. Con respecto al desarrollo de la aplicación, su función principal es generar un registro de las actividades físicas realizadas por una cantidad de atletas para luego procesar los datos adquiridos y en conclusión poder arrojar el estado del rendimiento físico en el cual se encuentra el atleta. Con base en

las necesidades planteadas anteriormente se podrían definir para la aplicación las siguientes funciones:

- Establecer conexión con el lector *RFID*.
- Registrar los atletas que participaran en las pruebas, agregando a cada uno un *tag RFID* y almacenar en la base de datos.
- Realizar las distintas pruebas de rendimiento (Velocidad, Resistencia y Habilidad). Almacenar cada una de ellas en la base de datos.
- Capturar los tiempos, de cada una de las pruebas para posteriormente calcular la velocidad y distancia recorrida en el caso de la resistencia.
- Cargar el ritmo cardiaco perteneciente a cada prueba ejecutada y guardarlo en la base de datos.
- Consultar el estado del rendimiento físico de cada atleta, consultando a la base de datos y realizando comparaciones de las distintas pruebas realizadas por el mismo.
- Mostrar los resultados de cada una de las pruebas realizadas por cada atleta, de manera gráfica, tomando como valor el resultado característico de cada tipo de prueba (Velocidad, distancia y tiempo).

Es importante mencionar que para cumplir con cada una de las funciones descritas anteriormente se diseñó una

aplicación basada en el esquema Modelo-Vista-Controlador.

Para finalizar se realiza el diseño y lleva a cabo las pruebas para la medición de parámetros que permitan obtener el rendimiento físico de los atletas involucrados. Dichas pruebas están compuestas por ejercicios específicos los cuales son necesarios para obtener los distintos parámetros. Dependiendo de los resultados que arrojen dichas pruebas, se podrán hacer correcciones o ajustes con respecto al prototipo y al arreglo propuesto de la tecnología inalámbrica.

Para ello se diseñaron las siguientes pruebas para comprobar el funcionamiento del sistema piloto basado en las distintas fases de funcionamiento que se describieron anteriormente:

- Pruebas de simulación de Entrenamiento Físico, haciendo uso de la herramienta RIFIDI como lector virtual de *RFID*, con el objetivo de comprobar el comportamiento de la aplicación desarrollada.
- Pruebas de emulación de entrenamientos de rendimiento físico para comprobar el funcionamiento de cada una de las etapas de la aplica

5.- Resultados

En función de la primera y segunda fase de la metodología antes descrita se seleccionó *RFID* como la tecnología inalámbrica para la medición de tiempos. Este sistema está conformado por los

siguientes componentes: Lector *Impinj Speedway Revolution R420*, tags pasivos *UHF Sports Armband-38*, antena *SlimLine A6590C Times-7 UHF* y cables *Times Microwave System LMR 600*.

En base al estudio realizado a la cuarta fase se determinaron los componentes electrónicos que conformarán el módulo receptor de ritmo cardiaco:

1. Transmisor de ECG AM Polar de 5.3khz.
2. Chip receptor AM polar de 5.3 khz.
3. Placa Arduino UNO.
4. Shield SD para Arduino Sparkfun.
5. Memoria micro SD.

Estos componentes ensamblados conforman el diseño del módulo electrónico para el manejo de la frecuencia cardiaca mostrado en el Gráfico 2.

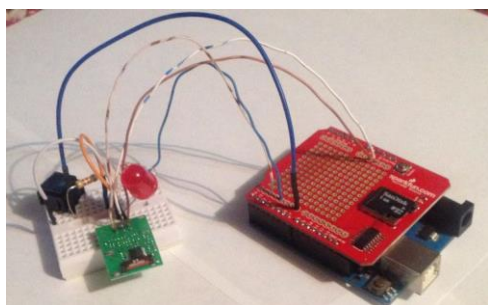


Gráfico 2 Componentes electrónicos siendo probados del medidor cardiaco.
(Fuente propia)

Ensamblado el dispositivo receptor de las pulsaciones, fue probado para generar los archivos .txt que son cargados posteriormente en la aplicación de *software*. Esto se logró realizar en base a la programación del dispositivo Arduino como procesador de datos para el cálculo de los valores RPM y almacenador de datos al mismo tiempo.

Posteriormente y en línea con la investigación se realizó el posicionamiento estratégico de las antenas RFID para lograr el cronometraje de los tiempos en el que cada atleta desempeñaría las pruebas de rendimiento físico. En función de esto fue necesario definir las pruebas que se realizarían para determinar los parámetros necesarios para arrojar conclusiones sobre el mismo. Para ello se determinan 3 pruebas, velocidad, resistencia y habilidad.

5.1.- Prueba de Velocidad

La prueba de velocidad requiere de dos puntos de referencias de tiempos, un punto inicial y final para hacer un diferencial de los mismos y en función de una distancia fija obtener una velocidad promedio del ejercicio realizado.

La finalidad de la ubicación de estas antenas es que el atleta sea detectado al momento que pasa por la primera antena, a nivel de *software* la aplicación se encarga de que al momento de ser leído un atleta se ejecute un cronometro único y exclusivo para el mismo esperando a que el atleta sea cronometrado por la siguiente antena, de modo que la aplicación realice los cálculos necesarios de forma automática y precisa para cada uno de los atletas de forma simultánea

5.2.- Prueba de Resistencia

Las pruebas de resistencia como son pruebas de largo alcance a nivel de distancias, se realizan de forma cíclica, en palabras más simples partiendo de un punto inicial y retornando al mismo en función de una distancia fija, como por ejemplo dar una vuelta completa a una pista de

atletismo y continuar realizando este ejercicio. Por tal motivo solo es necesario el uso de una antena como arreglo para el correcto funcionamiento del sistema. La cantidad de vueltas en un circuito controlado determinan la distancia que el atleta recorrió en un tiempo específico simplemente conociendo la distancia que posee un vuelta al circuito. Sin embargo esto trae consigo un problema de imprecisión a la hora de arrojar una distancia que recorrió el atleta mucho más precisa y con menos margen de error. Ahora bien para complementar la falla mencionada con respecto a la prueba de resistencia se diseñó un algoritmo denominado “Algoritmo de Aproximación de Distancia Final”.

5.3.- Algoritmo de Aproximación de Distancia Final

Se diseñó un algoritmo de aproximación que calcula la distancia más cercana en la cual el atleta culmina su ejercicio, este algoritmo es capaz de detectar la última vuelta que realizó el atleta al momento en el que el tiempo se terminó, y mediante la velocidad en la que el realizó la última vuelta, es capaz de calcular la distancia de forma aproximada en la que el atleta culminó el ejercicio, siendo esta una característica muy relevante para el sistema ya que es una distancia más aproximada que el atleta recorrió realmente, de forma que el valor de distancia recorrida en un tiempo determinado, es más exacto.

5.4.- Prueba de Habilidad

Como fue descrito en el marco teórico de la presente investigación, una manera de medir la habilidad de un atleta, es realizando una prueba anaeróbica lo que significa que combina elementos de pruebas de velocidad y resistencia, esto se basa en medir en cuanto tiempo puede realizar un ejercicio específico que requiera de un movimiento en particular que retarde el mismo, de modo que si este tiempo es disminuido, es notable que el atleta logro superar ese retardo forzado por la prueba, siendo así más hábil finalmente. La prueba física que mide este parámetro de rendimiento físico es conocida como prueba suicida. Para lograr la medición de tiempos en esta prueba es necesario el uso de mínimo dos puntos de control o antenas para determinar el punto en el que el atleta inicia la prueba y el tiempo exacto en que la termina.

5.5.- Diseño de Aplicación de Rendimiento Físico

Para el cumplimiento de este objetivo se plantearon dos etapas. Una de ellas describe la selección del lenguaje de programación y Base de Datos, mientras que la otra se enfoca en el desarrollo de la aplicación. Como resultado de la primera etapa, gracias a los análisis realizados entre los lenguajes estudiados, se obtuvo la elección de Java como herramienta de desarrollo para la aplicación en cuestión. La comparación y análisis de los gestores de base de datos se realizó entre *MySQL* y *PostgreSQL*, de la cual resultó seleccionado *MySQL* como

gestor de la base de datos relacionada a la aplicación de rendimiento físico.

Para el desarrollo de ambos elementos primordiales para el funcionamiento de la aplicación se seleccionaron los entornos de desarrollo para java y MySQL, eligiendo las herramientas Netbanes y Workbench respectivamente.

5.5.1.- Base de Datos

Para el diseño y creación de la base de datos se utilizó la herramienta Workbench de *MySQL*, la cual según el estudio arrojado en esta etapa se pudo concluir el requerimiento de la creación de 6 tablas: Etiqueta, Atleta, Prueba_Ejecutada, Prueba, Tipo_Prueba y Ritmo_cardiaco. Con el uso de la herramienta nombrada anteriormente se pudo establecer el diagrama de Entidad-Relación que debía poseer la base de datos señalada.

En resumen esta base de datos le permite a la aplicación las siguientes funciones:

- Permite llevar un registro de los atletas que se quiere observar el rendimiento físico.
- Identifica mediante el almacenamiento de los códigos de *Tags RFID* a los atletas que se encuentren realizando las pruebas de rendimiento.
- Lleva un registro de cada de las pruebas que son realizadas por los distintos atletas, permitiendo almacenar los parámetros de rendimiento físico o en su defecto los valores para calcularlo.
- Permite monitorear las pruebas ejecutadas por fechas de ejecución y

así comparar en una línea de tiempo el desempeño del atleta.

- Agrega el ritmo cardiaco del atleta que realizo en una prueba determinada.

5.5.2.- Conexión con la Base de Datos

Para gestionar las consultas a la base de datos, ya sea el proceso de establecimiento de conexión, consultas de varios tipos ya sea, crear nuevos registros, editarlos, buscar y eliminar. Se realizaron haciendo uso de la herramienta que ofrece java denominada JPA.

JPA es un framework que le permite a la aplicación mantener un entorno de desarrollo mucho más adecuado. Limpio y organizado con respecto a las consultas que se le deben de realizar a la base de datos, por trabajar con entidades permite una sintaxis de trabajo mucho más sencilla, herramienta poderosa para las personas que no son expertos en la creación de queries de consulta a la base de datos. Permite a la aplicación poder trabajar las tablas como entidades que mantienen relación entre si haciendo uso de las claves foráneas.

5.5.3.- Desarrollo de la Aplicación de Rendimiento Físico

La aplicación desarrollada en el presente trabajo permite una amplia gama de funciones que abarcan desde registrar a un atleta en la base de datos, hasta consultar su rendimiento físico, está compuesta por distintas interfaces graficas que cumplen una función específica dentro de los requerimientos planteados anteriormente. En este artículo se presentan las interfaces

más importantes que actúan dentro de la aplicación.

Inicialmente para el correcto funcionamiento de la aplicación es necesario realizar una primera acción la cual entran en interacción el lector RFID y la aplicación en cuestión para ello se diseñó una ventana denominada ConectarLectorDialog (Ver Gráfico 3). Dicha ventana es capaz de establecer una comunicación con el lector RFID, mediante los parámetros que introduzca el usuario, los cuales son user, password, dirección IP del Lector y Puerto por el cual se establecerá la conexión.

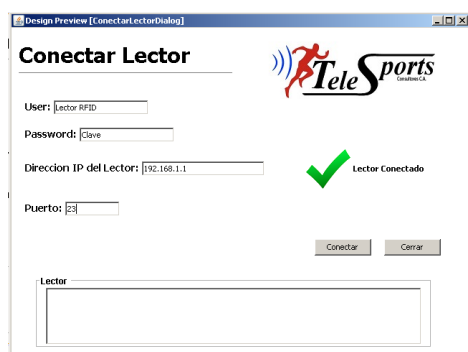


Gráfico 3 Conectar Lector Dialog
(Fuente Propia)

Una vez que se establece la comunicación con el lector es necesario registrar los atletas que estarán realizando las pruebas de rendimiento físico. Para ello se creó una ventana destinada a este propósito en la cual el usuario registra a cada atleta, obteniendo de cada uno nombre, apellido, edad, sexo, foto(Opcional) y por último factor determinante un Tag RFID asociado a él con el cual será identificado a lo largo de todas las pruebas de rendimiento físico.(Ver Gráfico 4).



Gráfico 5 Registro de Atletas Frame
(Fuente Propia)

La aplicación posee ciertas ventanas que permiten navegar y realizar consultas a la base de datos, para determinar los registros que se poseen, para ello se creó una ventana que permite observar la cantidad de atletas registrados, denominada VerAtletasDialog, pudiendo eliminarlos, editarlos o ver su desempeño si así lo desea el usuario.

Para realizar las pruebas de rendimiento físico se realizaron 3 ventanas que guían a al usuario en la implementación de las pruebas, la primera ventana denominada RealizarPruebasdeRendimientoFrame expone al usuario los 3 tipos de pruebas que puede realizar (Velocidad, Resistencia y Habilidad), seguidamente y dependiendo de la elección del usuario se disponen de las ventanas que permiten observar la descripción de la prueba seleccionada, en dichas ventanas el usuario será capaz de introducir los parámetros necesarios para la realización de cada prueba. Por ultimo en el ciclo de pruebas dentro de la aplicación se creó una ventana en donde se muestra en tiempo real el comportamiento de la misma exponiendo en una tabla los tiempos en los que cada atleta desempeña la prueba, igualmente en este punto de la aplicación es

donde se obtienen los parámetros para determinar el rendimiento físico del atleta. (Ver Gráfico 5).

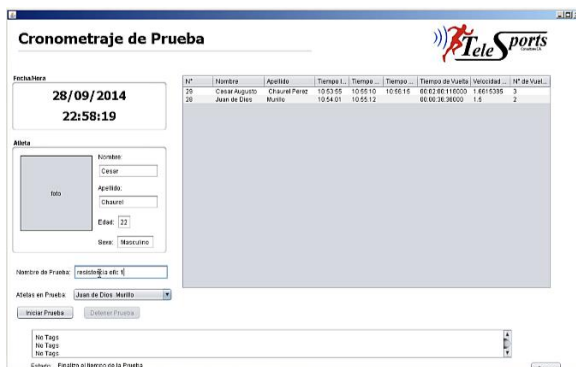


Gráfico 5 CronometrajeDePruebasFrame
(Fuente Propia)

Una vez finalizada las pruebas de rendimiento físico el atleta deberá cargar las pulsaciones capturadas por el Sistema de Detección de Ritmo Cardíaco. Para ello la aplicación cuenta con una ventana denominada EntrenamientosAnterioresDialog en la cual el usuario será capaz de extraer el archivo txt generado en la microSD y posteriormente analizarlo para cargarlo a la prueba seleccionada del atleta en cuestión.

En consecuencia de todo lo antes descrito es necesario exponer los datos obtenidos de las pruebas realizadas, para ello se crearon dos ventanas claves para el sistema de monitoreo de rendimiento físico. En primera instancia para exponer los resultados de cada una de las pruebas realizadas por un mismo atleta se creó la ventana VerDesempeñoDialog (Ver Gráfico 6). En dicha ventana se observan los resultados de cada prueba por individual mostrando el tiempo de ejecución, velocidad y aparte grafica la curva de frecuencia cardiaca asociada a

ella. Se muestra también un resumen del estado de rendimiento físico del atleta con respecto a las 3 pruebas expuestas anteriormente.



Gráfico 6 Desempeño del Atleta Dialog
(Fuente Propia)

Ahora para expresar los resultados de las pruebas en general y observar un comportamiento del atleta a lo largo de todas las pruebas realizadas, existe una ventana denominada VerDetallesDialog (Ver Gráfico 7). En ella se puede observar un comportamiento del atleta para cada prueba desempeñada de manera gráfica, haciendo uso de la librería de java JFreeChart la aplicación es capaz de arrojar graficas de tipo barra en las cuales se observan los resultados de cada prueba. Igualmente en esta ventana se pueden apreciar las diferentes conclusiones que la aplicación esta programada a arrojar dependiendo de los valores de rendimiento que posea el atleta. Para ellos se realizan comparaciones entre las primeras y últimas pruebas ejecutadas. Así la aplicación podrá determinar si el atleta ha mejorado o no su condición física, basado en los distintos parámetros. Para velocidad su mismo nombre lo indica se hace estudio de la velocidad del atleta, para resistencia se

analiza distancia y para habilidad se estudian los tiempos de ejecución, todos estos aspectos ligados íntimamente con el ritmo cardiaco permiten arrojar conclusiones sobre el rendimiento físico.

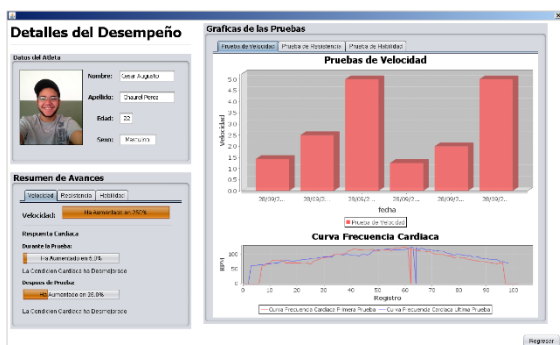


Gráfico 7 VerDetallesDialog
(Fuente Propia)

5.6.- Realizar pruebas de rendimiento físico emulando sesiones de entrenamiento reales haciendo uso del sistema completo.

Para sustentar el estado del funcionamiento del prototipo se diseñaron varias pruebas que tienen como objetivo, exigir al sistema desempeñar las cualidades para las cuales fue creado, en otras palabras determinar si el sistema cumple con el objetivo general “Proponer un prototipo que permita monitorear el rendimiento físico en atletas de alto desempeño”.

5.6.1.- Pruebas Simuladas de rendimiento Físico

Estas pruebas simuladas se realizaron con la ayuda del emulador de Lectores RFID llamado RIFIDI. Básicamente el uso de la herramienta permitió verificar si efectivamente la aplicación cumplía con las tareas programadas, ya sea para conexión

con el lector RFID, lectura de Tags, así como comportamiento ante las pruebas de rendimiento físico, y de igual manera observar el comportamiento de la base de datos ante registro que simulaban los reales.

Para ello se emuló un entrenamiento físico completo en el cual entrarían todos los aspectos de la aplicación donde se interactúa con el lector RFID y base de datos. Se dividió la prueba en las siguientes partes:

- Configuración del Emulador RIFIDI
- Conexión con el lector emulado
- Registro de Atletas y Detección de Tags
- Realizar pruebas de Rendimiento físico simuladas haciendo uso de la herramienta RIFIDI.

De las pruebas realizadas con el emulador RIFIDI se pudieron rescatar varios aspectos importantes, entre los cuales destacan el buen funcionamiento de cada una de las partes mencionadas anteriormente así como también la integración de la aplicación con el sistema RFID y el almacenamiento de los registro de cada prueba en la base de datos.

5.6.2.- Pruebas de Emulación de Entrenamientos de Rendimiento Físico

Estas pruebas persiguen demostrar el funcionamiento del prototipo del sistema de monitoreo de rendimiento físico, para ello se emulo un entrenamiento que estaría conformado por una muestra de 2 personas

que realizaron las diversas pruebas del rendimiento. Para realizar las pruebas se contó con las siguientes herramientas:

- Aplicación desarrollada
- Lector *RFID* marca *Alien* Modelo ALR-9900
- Antenas marca *Alien* modelo ALR-9611-CR.
- *Tags UHF Sports Armband-38* marca *Daily RFID*.
- *Software Alien RFID Gateway*.
- Sistema de medición de ritmo Cardíaco comprendido por la banda Polar y dispositivo Arduino.

Pruebas de Ubicación del Tag

Primeramente se realizaron unas pruebas sobre la capacidad de lectura del tag ante una situación real, se provocó un evento de lectura del tag para determinar la posición del mismo en el atleta y así obtener una lectura segura a la hora de que pasara por el frente de una antena. Esto se realizó repetidas veces en un número específico de 10 pruebas por cada posición del tag estudiada.

Las mediciones realizadas se hicieron a través del *software RFID Gateway*, exactamente usando el apartado del *TagGrid*, el cual nos permitió observar cuando el Tag era efectivamente leído y cuando no. Las posiciones de lectura fueron, parte superior del brazo, parte media del brazo, Centro de la mano y en el tobillo del atleta.

Luego de realizadas las pruebas en cada ubicación mencionadas anteriormente se llegó a la conclusión gracias a un análisis previo que la mejor ubicación del tag para

ejecutar las pruebas de emulación de entrenamientos sería en la parte media de la mano. Motivados por el hecho de que se garantiza una mayor lectura en los puntos de control.

Los factores estudiados con respecto a los resultados desfavorables de lectura se atribuyen como se mencionó anteriormente al estado actual de las antenas utilizadas, sin embargo basados en los estudios teóricos y selección de equipos que se describen en este capítulo indican que la antena ideal propuesta para el sistema no debería de presentar ningún tipo de problema a la hora de realizar lecturas óptimas de los *Tags*.

Igualmente existe un factor denominado *RSSI* (Indicador de fuerza de la señal recibida), el cual es una escala de referencia que se genera a partir de los valores de potencia que son recibidos en este caso del *tag RFID* a la antena, variando la potencia de transmisión se puede determinar el rango de lectura eficiente que poseen las antenas. Sin embargo el equipo *Alien ALR-9900* no ofrece esta capacidad de arrojar el factor *RSSI*, por lo tanto no se pudo incluir en los resultados para determinar la ubicación del *tag*.

Pruebas Emuladas de Entrenamiento Físico

Estas pruebas como se mencionó anteriormente se realizaron con el objetivo de comprobar el completo funcionamiento del sistema de monitoreo de rendimiento físico, lo que indica que involucra todos los equipos de medición propuestos, el sistema para la medición de tiempos (*RFID*), el sistema para la detección de ritmo cardíaco

(Polar + Arduino) y finalmente la aplicación desarrollada para calcular los parámetros de rendimiento físico del atleta.

En resumen se contó con la participación de 2 personas como muestra, que realizaron los entrenamientos descritos previamente, ejecutaron la prueba de velocidad, prueba de Resistencia y finalmente la prueba de habilidad. Para realizar una comparación del sistema fue necesario medir los tiempos de 2 maneras, una con el sistema *RFID* y la otra, una medición realizada por una persona utilizando un cronometro.

Aparte de eso se controló el estado del atleta creando un escenario de progreso, es decir, a las personas se les indico previamente como debían de realizar el ejercicio con el fin de que la aplicación arrojara resultados de avance en el rendimiento físico del atleta. Para lograr el objetivo se realizaron 3 pruebas de velocidad que variaron en la exigencia de las mismas, por lo tanto se dividieron las pruebas en estados de movimiento, la primera prueba se realizaba caminando, la segunda trotando y finalmente la última prueba corriendo. De igual forma se aplicó con las pruebas de habilidad.

Los datos obtenidos resaltan la alta capacidad del sistema de poder realizar la medición de tiempos de manera simultánea capturando los tiempos de cada atleta por separado, sin realizar perdida alguna. Esto se pudo apreciar en la comparación de los tiempos que se obtuvieron con la aplicación y los obtenidos por medición humana.

De las pruebas realizadas emulando entrenamientos físicos se pudieron obtener

la recopilación de datos necesarios para que la aplicación pudiese realizar el procedimiento de comparación y análisis de datos para posteriormente arrojar conclusiones sobre el rendimiento físico del atleta.

Resultados de rendimiento Físico

Una vez realizadas las pruebas del rendimiento, se procedió a cargar el ritmo cardiaco perteneciente a cada prueba. Como la aplicación es capaz de realizar un análisis con respecto al ritmo cardiaco, se dispuso de un control en la respuesta cardiaca de cada atleta, esto con el objetivo de poder observar de manera precisa que efectivamente la aplicación es capaz de determinar los distintos parámetros con los cuales se pueden obtener conclusiones sobre el rendimiento físico.

La respuesta cardiaca del atleta se vio afectada de la siguiente manera, para las pruebas que requerían menor esfuerzo se les aplicaba un mayor número de pulsaciones, aumentando el ritmo cardiaco con un ejercicio previo a la realización de la misma. Para la prueba de esfuerzo medio (Trotar) se les asigno una carga de ritmo que estuviese acorde a las pulsaciones que una persona obtiene realizando la actividad y finalmente en las pruebas que requerían de mayor esfuerzo se les asigno una carga de ritmo cardiaco la cual era relativamente baja.

La manera en la que se controló el ritmo cardiaco viene dada por la relación del esfuerzo que realiza el atleta para lograr una actividad, las pruebas de velocidad mantienen una relación que es inversamente proporcional al ritmo

cardiaco, para que exista una condición física óptima el atleta debe de realizar las actividades físicas sin generar una carga que exceda un esfuerzo específico. En resumen la condición física del atleta vendrá determinada relacionando las variables calculadas por la aplicación, velocidad, distancia y tiempo, con el ritmo cardiaco de cada una.

Para estas pruebas en específico se quiere emular un atleta que evolucione su condición física en ambos factores, aumente ya sea su velocidad, corra una mayor distancia o realice un menor tiempo, ligado a que el cuerpo genere un menor esfuerzo.

Las capturas de la frecuencia cardiaca se realizaron a través del sistema de detección de ritmo cardiaco (Polar + Arduino), y con la ayuda de la aplicación se pudieron obtener los siguientes resultados de rendimiento físico.

Como se aprecia en el gráfico 8, los resultados de la aplicación fueron los esperados debido al control en la pruebas, mostrando de manera gráfica un avance con respecto a la velocidad, tiempos y respuesta cardiaca.



Gráfico 8 Resultados de Pruebas Emuladas de Entrenamiento Físico. Prueba de Velocidad

(Fuente Propia)

6.- Conclusiones y recomendaciones

Son conclusiones principales de este proyecto:

La tecnología *RFID* es ideal para cronometrar y detectar tiempos, específicamente para aplicaciones deportivas es una tecnología que se acopla perfectamente para detección de tiempos. Esto debe estar acompañado de una certera selección de los elementos que conforman un sistema *RFID* para garantizar precisión y funcionamiento al momento de detectar los tiempos.

Usar tecnología *RFID* como una aplicación deportiva reduce el tiempo de trabajo de un especialista del deporte y a su vez brinda automatización al mismo trabajo con el uso de una aplicación de *software*, dado que *RFID* realiza lecturas de forma simultaneas que son casadas con cada uno de los atletas, que posteriormente pueden ser analizadas estas lecturas con una aplicación de *software* escrita en lenguajes de programación que brindan rápida convergencia e interfaces graficas e intuitivas como el lenguaje de programación Java o Visual Basic.

El lenguaje de programación utilizado para la aplicación de *software* fue Java, debido a que el mismo se adopta completamente a los requerimientos del presente trabajo, siendo un lenguaje de programación escalable, que no requiere estar casado con un sistema operativo para poder correr, su abierta interacción con lenguajes de bases de datos, las amplias

librerías que posee, hacen de este lenguaje una forma diversa de programar. De igual manera es importante recalcar la importancia de las librerías java que poseen los lectores *RFID* para poder realizar el desarrollo de funciones para la interacción de la aplicación y el equipo.

El lenguaje de programación utilizado para la aplicación de *software* fue Java, debido a que el mismo se adopta completamente a los requerimientos del presente trabajo, siendo un lenguaje de programación escalable, que no requiere estar casado con un sistema operativo para poder correr, su abierta interacción con lenguajes de bases de datos, las amplias librerías que posee, hacen de este lenguaje una forma diversa de programar. De igual manera es importante recalcar la importancia de las librerías java que poseen los lectores *RFID* para poder realizar el desarrollo de funciones para la interacción de la aplicación y el equipo.

Para finalizar, las recomendaciones principales de este trabajo especial de grado son las siguientes:

Para el sistema de monitoreo de Rendimiento físico se pueden considerar las siguientes recomendaciones.

Si se desea implementar el Sistema de la forma más óptima se recomienda utilizar los equipos planteados a continuación:

- Lector *RFID* Impinj Speedway Revolution R420, Antena *SlimLine A6590C Times-7 UHF*, Tags *UHF Sports Armband-38* y el cable LMR-600 para evitar la mayor cantidad de perdidas debido a la distancia que se

puedan manejar en las distintas pruebas.

- De igual manera se recomienda la creación de una propia plataforma basada en Microcontrolador para el sistema de detección de ritmo cardiaco, logrando así un módulo que este programado y especializado para realizar las funciones descritas para el mismo en cuanto a detección y almacenamiento del ritmo cardiaco. Además se recomienda agregarle una transmisión en tiempo real de la frecuencia cardiaca con el fin de poder monitorear al atleta de forma inmediata, como posible tecnología para implementar lo planteado se recomienda Zigbee.

Con respecto a la realización de las pruebas de rendimiento físico con el sistema de monitoreo se recomienda lo siguiente:

- Para la ejecución de las pruebas es necesario una explicación y breve descripción del funcionamiento del sistema entero, sobre todo en las indicaciones para la detección del ritmo cardiaco.
- También es recomendable realizar un análisis de espectro radio eléctrico en donde se vaya a implementar el sistema para evitar interferencias que puedan interrumpir el buen funcionamiento del mismo.
- Cuando se realiza una comparación entre entrenamientos es recomendable que estas pruebas hayan sido realizadas bajo

condiciones similares respecto a terreno y condiciones climatológicas.

- La alimentación y fatiga del atleta pueden alterar los resultados de las pruebas de rendimiento, por lo que se recomienda llevar un control sobre la alimentación del mismo, además de las horas y días en los cuales el atleta ejecuta sus sesiones de entrenamiento.
- De igual manera se recomienda llevar la aplicación de rendimiento físico a un nivel más elevado, con respecto a portabilidad y movilidad, pudiendo desarrollarse para dispositivos móviles e interacción web.

7.- Bibliografía

amuchastegui, C., Ayuso, N., Alvares, G., Vicario, L., Pico, J., Benitez, N., & Gerendian, A. (2014). *Arduino.cc*. Obtenido de <http://www.arduino.cc/es/#.UwAeXvl5P4g>

Antillón, R., & Reyes, J. (s.f.). *Instrumentacion de uso quirurgico y terapeutico*.

beagleboard. (2013). *beaglebone*. Obtenido de <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno#.UwAewfl5P4g>

Ciudad Herrera, J. M., & Samà, E. (2005). *Estudio, Diseño Y Simulacion de un Sistema de RFID basado en EPC. tesis de Maestria*. Cataluña, Barcelona, España.

Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones. (s.f.).

Obtenido de Disponible:http://www.coit.es/foro/pub/ficheros/libroscapitulo_3_a39a5bac.pdf

Deitel, P. J., & Deitel, H. M. (2008). *Java cómo programar. Séptima Edición*. Mexico: Pearson Education.

Descamps, O. (3 de febrero de 2009). *L'USINE NOUVELLE*. Obtenido de <http://www.usinenouvelle.com/article/RFID-l-afsset-s-interroge-sur-les-risques.N29616>

Dornin, L., Mednieks, Z., Meike, B., & Nakamura, M. (2012). *Programing Android*. Estados Unidos de América: O'reilly.

Duro, Abril, J., Ruz, M., Alvarez, A., & Garcia Higuera. (2005). *Estudio, Diseño Y Simulación De Un Sistema De RFID Basado En EPC*. Gijón.

Electroindustria. (2010). *Plataformas de Desarrollo basadas en Microcontroladores: Acelerando la creación de soluciones electrónicas*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1539&>

Finkenzeller. (2010). *RFID-handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. Alemania.

Global, E. (junio de 2007). Obtenido de http://www.gs1.org/docs/epcglobal/EPCglobal_Best_Practices_January_2007.pdf

Hernandez, M. J. (2003). *Database Design for Mere Mortals*. Estados Unidos de América: Addison Wesley.

- Herrador. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. Universidad de Córdoba. Obtenido de http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf
- Himanshu, B. (2006). *RFID Essentials*.
- Mc graw-hill. (s.f.). *Despliegue de Redes Inalámbricas*. Obtenido de <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/844818386X.pdf>
- Molina, A. E. (s.f.). *Qt*. Obtenido de <http://qtcorregido.galeon.com/miocardio.htm>
- MySQL. (1997). *MySQL*. Recuperado el 14 de Junio de 2014, de *MySQL the world's most popular open source data base*: <http://dev.MySQL.com/doc/refman/5.0/es/features.html>
- Nadal, R. (9 de septiembre de 2013). rendimiento físico. (J. d. Murillo, Entrevistador)
- NetBeans. (2013). *Home: NetBeans*. Recuperado el 18 de Junio de 2014, de *NetBeans*: <https://netbeans.org/about/index.html>
- NetBeansTM. (11 de Octubre de 2013). *NetBeans*. Recuperado el 16 de Junio de 2014, de *NetBeans IDE*: <https://netbeans.org/community/releases/74/relnotes.html>
- Pérez, A. (s.f.). *asociación atlética moratalaz*. Obtenido de <http://www.aamoratalaz.com/articulos/tve98.htm>
- perrin, A., & Souques, M. (2010). *Electromagnetic Fields, Environment and Health*. Paris: springer.
- Polniak, S. (2007). *The RFID CASE STUDY BOOK: RFID Application stories from around the globe*.
- Prabhu, & Ramamurthy. (s.f.). *WinRFID A Middleware for the enablement of Radio Frequency Identification (RFID) based Applications*. Los Angeles: California University.
- rafaelma. (2 de Octubre de 2010). *PostgreSQL*. Recuperado el 10 de Junio de 2014, de *PostgreSQL*: http://www.PostgreSQL.org.es/sobre_PostgreSQL
- Raspberry. (2011). *raspberrypi*. Obtenido de <http://www.raspberrypi.es/>
- RFID magazine. (12 de 12 de 2005). *Tecnología RFID: Introducción*. Obtenido de http://www.mas-RFID-solutions.com/docs/RFID_introduccion.pdf
- Rueda Marin, V. B. (2012). *Investigación de Tecnologías Inalámbricas*. Medellín-Antioquia.
- Salgado, V. (2011). *Zigbee y sus Aplicaciones*. Obtenido de <http://www.dea.icaupco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/Zigbee%20y%20sus%20aplicaciones.pdf>
- Universidad de las américas. (s.f.). *El Estándar Bluetooth 802.15.1, Capítulo 3*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/talles/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf
- Universidad de las américas. (s.f.). *Tutorial de Circuitos RFID capítulo 3*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/talles/documentos/lem/archundia_p_fm/capitulo3.pdf

es/documentos/lep/urbina_r_rd/capitulo3.pdf

Universidad Politecnica Salesiana. (s.f.). *El Estándar Bluetooth, Capitulo2*.
Obtenido de
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/206/3/Capitulo%202.pdf>