

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO
INALÁMBRICO DE SIGNOS VITALES PARA EVALUACIONES
MÉDICAS EN ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

Armando Abdías González Cisneros

PROFESOR GUÍA

Luis Alberto Molner Ascanio

FECHA

Caracas, 14 de Noviembre de 2013

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO
INALÁMBRICO DE SIGNOS VITALES PARA EVALUACIONES MÉDICAS EN
ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO**

**Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su
contenido con el resultado:**

JURADO EXAMINADOR

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR:

Br. Armando A. González C.

C.I.: 19.255.637

TUTOR DE TESIS:

Ing. Luis Molner Ascanio

C.I.: 13.944.554

FECHA:

Caracas, Noviembre de 2013

Dedicatoria

Quiero dedicar este Trabajo Especial de Grado a Dios y a la Virgen por darme vida, salud, fortaleza y ganas suficientes para poder cumplir con este sueño de convertirme en un Ingeniero y por haberme entregado la familia y amigos más extraordinarios que alguien puede pedir.

A mis padres Karem y Jorge, que con todo su amor y cariño han entregado todo por verme cumplir mis sueños y metas, por haber construido la persona que hoy en día y porque a pesar de las dificultades y contratiempos nunca perdieron la fe en mí!

A mi abuela y a mi tía “Yeyita”, quienes han caminado de la mano conmigo a lo largo de toda mi vida, por ser día y noche dos madres más para mí y por todos esos gestos de cariño que me entregan sin esperar nada a cambio.

A mi novia Adriana, por estar allí presente a toda hora dispuesta a escucharme y comprenderme, por sus regaños para hacerme caminar hacia adelante, por confiar en mí en todo momento y por todos los detalles, cariño y amor entregado.

A mis amigos, que hicieron que mi paso por la universidad estuviese lleno momentos únicos, alegres e inolvidables que jamás olvidaré!

Gracias a todos ustedes!

Armando A. González C.

Agradecimientos

UCAB

Ing. Luis Molner Ascanio

Ing. José Gregorio Castillo

Ing. José Pirrone

Y todos aquellos que de alguna manera formaron parte de este proyecto.

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE SIGNOS VITALES PARA EVALUACIONES MÉDICAS EN ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO

González, Armando

armandoa_gonzalez@hotmail.com

Resumen

En el presente Trabajo Especial de Grado se diseñó y desarrollo un sistema de monitoreo inalámbrico que permite la visualización remota de parámetros médicos presentes en atletas de alto rendimiento durante sus evaluaciones médicas. Este sistema se diseñó para optimizar el proceso de evaluación médica deportiva, de tal manera que el atleta pueda contar con la posibilidad de ser monitoreado mientras cumple con su entrenamiento físico, trayendo como beneficios un control médico más frecuente e independiente, con lo que se propone mejorar los mecanismos de prevención de lesiones y posibles enfermedades.

Este sistema cuenta con una Unidad de Monitoreo capaz de leer y registrar 10 parámetros médicos diferentes, los cuales son transmitidos inalámbricamente a través de una red local hasta llegar al servidor, donde son almacenados en una base de datos y analizados con la finalidad de detectar posibles valores fuera del rango normal del funcionamiento corporal. Durante el desarrollo de este sistema se utilizaron múltiples herramientas y tecnologías como C++, MySQL, Java, PHP, Sockets TCP/IP, Redes WLAN, Wi-Fi, entre otros, cuya unión dan como resultado un sistema inalámbrico eficaz, eficiente y seguro. Además, el sistema ofrece una interfaz gráfica con un ambiente de fácil administración en donde el médico puede consultar remotamente la data que está siendo monitoreada en el atleta, mientras éste realiza su entrenamiento.

Palabras clave: Sistema Inalámbrico, Parámetros Médicos, Signos Vitales, Monitoreo, Atleta de Alto Rendimiento.

Índice General

| | |
|---------------------------------------------|------|
| Dedicatoria | i |
| Agradecimientos | ii |
| Resumen | iii |
| Índice General | iv |
| Índice de Figuras | x |
| Índice de Tablas | xiii |
| Introducción | 1 |
| Capítulo I. Planteamiento del Proyecto..... | 3 |
| I.1.- Planteamiento del Problema | 3 |
| I.2.- Objetivos | 5 |
| I.2.1.- Objetivo General | 5 |
| I.2.2.- Objetivos Específicos..... | 5 |
| I.3.- Alcances y Limitaciones | 6 |
| I.4.- Justificación del Proyecto | 7 |
| Capítulo II. Marco Referencial | 8 |
| II.1.- El Deporte..... | 9 |
| II.1.1.- ¿Qué es el deporte? | 9 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| II.1.2.- Un poco de historia del deporte | 9 |
| II.1.3.- Clasificación del deporte | 9 |
| II.1.4.- Importancia del deporte | 11 |
| II.1.5.- ¿Qué es un atleta de alto rendimiento? | 12 |
| II.2.- Evaluaciones médicas deportivas | 12 |
| II.2.1.- Concepto | 12 |
| II.2.2.- Estructura: | 13 |
| II.2.3.- Importancia de la revisión médica deportiva | 14 |
| II.3.- Signos Vitales | 15 |
| II.3.1.- Definición | 15 |
| II.3.2.- El Electrocardiograma | 16 |
| II.3.3.- El Monitor de signos Vitales | 16 |
| II.4.- Redes Inalámbricas | 17 |
| II.4.1.- WPAN (<i>Wireless Personal Area Network</i>) | 17 |
| II.4.2.- WLAN (<i>Wireless Local Area Network</i>) | 17 |
| II.4.3.- WMAN (<i>Wireless Metropolitan Area Network</i>) | 18 |
| II.4.4.- WWAN (<i>Wireless Wide Area Network</i>) | 18 |
| II.5.- Topologías de Redes | 19 |
| II.5.1.- Definición y tipos de topología | 19 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| II.5.2.- Modos de operación de redes inalámbricas: | 21 |
| II.6.- Tecnologías inalámbricas | 23 |
| II.6.1.- Bluetooth..... | 23 |
| II.6.3.- ZigBee..... | 25 |
| II.6.4.- Wi-Fi..... | 26 |
| II.6.5.- WIMAX..... | 30 |
| II.7.- Arquitectura Cliente-Servidor | 31 |
| II.7.1.- ¿Qué es un Cliente? | 31 |
| II.7.2.- ¿Qué es un servidor?..... | 31 |
| II.7.3.- Concepto de una arquitectura Cliente-Servidor:..... | 31 |
| II.7.4.- Características de la arquitectura Cliente-Servidor: | 32 |
| II.7.5.- Ventajas de una Arquitectura Cliente-Servidor: | 33 |
| II.7.6.- Desventajas de una Arquitectura Cliente-Servidor:..... | 34 |
| II.8.- Sockets..... | 35 |
| II.9.- Enrutador (<i>Router</i>) | 35 |
| II.10.- Conmutador (<i>Switch</i>)..... | 37 |
| II.11.- Punto de Acceso (<i>Access Point</i>)..... | 37 |
| II.12.- Ordenadores de placa reducida:..... | 38 |
| II.12.- Lenguajes de Programación | 39 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| II.12.1.- C++ | 39 |
| II.12.2.- Java | 40 |
| II.12.3.- PHP | 41 |
| II.13.- Bases de Datos..... | 43 |
| II.13.1.- Definición | 43 |
| II.13.2.- Tipos de bases de datos..... | 44 |
| Capítulo III. Metodología..... | 46 |
| III.1.- Fase 1: Levantamiento de Información..... | 47 |
| III.2.- Fase 2: Diseño y desarrollo del sistema | 48 |
| III.3.- Fase 3: Pruebas de funcionamiento y análisis de costos: | 49 |
| Capítulo IV. Desarrollo..... | 50 |
| IV.1.- Fase 1: Levantamiento de Información | 50 |
| IV.1.1.- Revisión Bibliográfica | 50 |
| IV.1.2.- Selección de componentes: | 50 |
| IV.2.- Fase 2: Diseño y Desarrollo..... | 56 |
| IV.2.1.- Esquema de la estructura básica del sistema:..... | 56 |
| IV.2.2.- Diseño de la red telemática | 57 |
| IV.2.3.- Diseño y Desarrollo de los elementos del sistema | 60 |
| IV.3.- Fase III: Ejecución de Pruebas y Análisis de costos..... | 81 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| IV.3.1.- Lectura de parámetros médicos..... | 81 |
| IV.3.2.- Conectividad Unidad de Monitoreo – Servidor:..... | 84 |
| IV.3.3.- Test de la interfaz gráfica para el monitoreo de parámetros médicos | 84 |
| Capítulo V. Resultados Obtenidos | 85 |
| V.1.- Levantamiento de Información | 85 |
| V.2.- Ejecución del Sistema de Monitoreo Inalámbrico | 85 |
| V.3.- Transmisión Segura de la Información vs Espacio en Memoria..... | 90 |
| V.4.- Posibles Implementaciones | 90 |
| V.5.- Análisis de Costos | 91 |
| Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones | 93 |
| VI.1.- Conclusiones | 93 |
| VI.2.- Recomendaciones | 95 |
| Bibliografía | 96 |
| Anexos | 99 |
| Anexo “A”: Datasheet Switch TP-Link TL-SG1008D 8 Puertos Gigabit | 99 |
| Anexo “B”: Datasheet D-Link Wireless Access Point DWL-3600AP | 101 |
| Anexo “C”: Datasheet D-Link Wireless Outdoor Access Point DAP-3520 | 103 |
| Anexo “D”: Datasheet Servidor en torre Dell PowerEdge T110 II..... | 104 |
| Anexo “E”: Especificaciones técnicas de la Raspberry Pi Modelo B | 105 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo “F”: Especificaciones técnicas del Adaptador Inalámbrico Wi-Fi USB Edimax EW-7811Un | 106 |
| Anexo “G”: Direccionamiento de la Red. | 107 |
| Anexo “H”: Diagrama de Flujo de la aplicación para la selección de los diferentes usuarios de la unidad de monitoreo | 108 |
| Anexo “I”: Diagrama de Flujo de la aplicación para la lectura de los parámetros médicos..... | 109 |
| Anexo “J”: Diagrama de Flujo de la aplicación “Cliente” del Socket TCP para la transmisión de los parámetros médicos..... | 111 |
| Anexo “K”: Diagrama de Flujo de la aplicación “Servidor” del Socket TCP para la recepción de los parámetros médicos | 113 |

Índice de Figuras

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Contenido del Marco Teórico..... | 8 |
| Figura 2: Varios de los reportes más practicados en el mundo..... | 11 |
| Figura 3: Atleta sometido a una evaluación médica deportiva | 14 |
| Figura 4: Alcance y velocidades de los diferentes tipos de redes inalámbricas..... | 19 |
| Figura 5: Topología Ad-hoc..... | 22 |
| Figura 6: Topología Infraestructura | 23 |
| Figura 7: Características de los estándares de seguridad WEP, WPA y WPA2. | 29 |
| Figura 8: Esquema básico de una Arquitectura Cliente-Servidor..... | 32 |
| Figura 9: Router Inalámbrico Linksys Cisco | 36 |
| Figura 10: Estructura de una base de datos en MySQL..... | 45 |
| Figura 11: Fases de la Metodología | 46 |
| Figura 12: e-Health Sensor Shield V2.0 | 52 |
| Figura 13: Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge sobre una Placa Raspberry Pi..... | 55 |
| Figura 14: Esquema básico del sistema de monitoreo Inalámbrico..... | 56 |
| Figura 15: Topología de red genérica del sistema de monitoreo. | 60 |
| Figura 16: SDFormatter V4.0 | 62 |
| Figura 17: Descarga del sistema operativo Raspbianwheezy | 63 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 18: Raspberry Pi con todos sus componentes..... | 64 |
| Figura 19: Ventana de configuración de la Raspberry Pi | 65 |
| Figura 20: Overclock de la Raspberry Pi | 66 |
| Figura 21: Reconocimiento del Adaptador Wifi USB Edimax en Raspberry Pi | 67 |
| Figura 22: Listado de la configuración actual de la red inalámbrica de la Raspberry Pi | 67 |
| Figura 23: Código necesario del archivo de configuración de interfaces de red | 68 |
| Figura 24: Configuración del adaptador WiFi. | 68 |
| Figura 25: Localización de las resistencias Ra, Rb y Rc en la placa e-Health. | 71 |
| Figura 26: Medición del valor de la resistencia Ra (4,63Kohms)..... | 72 |
| Figura 27: Valores a modificar en el archivo eHealth.cpp..... | 73 |
| Figura 28: Desarrollo de la aplicación para la lectura de parámetros médicos..... | 74 |
| Figura 29: Xampp Control Panel Application | 77 |
| Figura 30: Base de datos del sistema | 78 |
| Figura 31: Construcción de la página web mediante DreamWeaver | 79 |
| Figura 32: Diseño del socket mediante el entorno de desarrollo integrado NetBeans | 81 |
| Figura 33: Ubicación de los conectores del sensor de Temperatura Corporal y ECG en la e-Health Sensor Shield V2.0. | 82 |
| Figura 34: Conexión del sensor de Electrocardiograma a la e-Health Sensor Shield V2.0..... | 82 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 35: Conexión del sensor de Temperatura Corporal Electrocardiograma a la e-Health Sensor Shield V2.0..... | 83 |
| Figura 36: Conexión de los sensores de Temperatura Corporal y ECG al cuerpo del atleta | 83 |
| Figura 37: Instalación de la Unidad de Monitoreo en el cuerpo | 86 |
| Figura 38: Unidad de monitoreo con todos sus componentes y sensores | 86 |
| Figura 39: Pagina Web para la visualización de los signos vitales del atleta - Sección Monitoreo | 87 |
| Figura 40: Visualización de los parámetros médicos a través de la web diseñada | 88 |
| Figura 41: Consulta de valores críticos presente en los parámetros médicos leídos del atleta | 89 |

Índice de Tablas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Clasificación del Deporte según el Profesor Héctor Peralta..... | 10 |
| Tabla 2: Principales tipos de topologías de red..... | 21 |
| Tabla 3: Estándares de la norma 802.11 | 28 |
| Tabla 4: Diferencias entre Arduino Uno y Raspberry Pi Modelo B..... | 54 |
| Tabla 5: Costos de la implementación del sistema | 92 |

Introducción

El deporte, es uno de los elementos más influyentes en las sociedades existentes que constituyen el mundo que vivimos. Este, tiene un papel determinante en la cultura y tradiciones que definen a nuestras naciones, mejoran la salud y calidad de vida de las personas, ofrece una importante fuente de entretenimiento y fomenta en niños, adolescentes y adultos valores de competitividad y disciplina que mejoran las estructuras y actitudes sociales. Además, es utilizado como un medio para disminuir la violencia y delincuencia en la sociedad

Son muchas las disciplinas del deporte que hoy en día se practican con carácter profesional, las cuales, son llevadas a cabo por profesionales denominados “atletas de alto rendimiento” que cumplen con determinadas aptitudes, cualidades y características físicas, que lo hacen adecuado para la realización de este tipo de actividades.

Estos atletas, son sometidos a evaluaciones médicas deportivas que permiten determinar el estado de salud de los mismos, explorar sus capacidades físicas y funcionales, así como también poder prevenir futuras lesiones y/o enfermedades. Normalmente, estas pruebas son realizadas únicamente 6 semanas antes de las temporadas deportivas o, en el mejor de los casos, se realizan antes y después de ellas.

Ante el alto nivel de desgaste físico que día a día experimentan estos atletas y la poca frecuencia con que se realizan estas evaluaciones médicas, el atleta es mucho más propenso a sufrir lesiones, lo que puede poner en riesgo la carrera y en muchos casos la vida del atleta.

La finalidad de este Trabajo Especial de Grado es diseñar y desarrollar un sistema de monitoreo inalámbrico que pueda ser utilizado como una herramienta para facilitar el proceso de evaluación deportiva mediante la utilización de las tecnologías de información existentes en la actualidad. Este sistema contará con una Unidad de

Monitoreo capaz de leer y registrar 10 parámetros médicos diferentes, los cuales, son transmitidos inalámbricamente a través de una red local hasta llegar a un servidor, donde son almacenados en una base de datos y analizados con la finalidad de detectar posibles valores fuera del rango normal del funcionamiento corporal. Dicho sistema también contará con interfaz gráfica de fácil administración, mediante la cual el médico podrá consultar y analizar, en el momento deseado, el desempeño físico del atleta.

Por último, se presentarán los diferentes modos de implementación que soporta este sistema, así como también un análisis de costos para conocer la factibilidad del proyecto.

Capítulo I. Planteamiento del Proyecto

En este capítulo se presentan las bases esenciales del Presente Trabajo de Grado, en el cual, se detallan la descripción del problema a tratar, los objetivos planteados para resolver dicha problemática, la justificación del proyecto y las limitaciones y alcances del mismo.

I.1.- Planteamiento del Problema

El deporte es una actividad física que hace entrar al cuerpo en funcionamiento y lo saca de su estado de reposo en el que se encuentra normalmente, principalmente con motivos recreativos, aunque en algunos casos, puede convertirse en la profesión de una persona. Esta actividad está caracterizada por una serie de reglas o normas a cumplir por todos sus participantes dentro de un espacio o área determinada.

El deporte ha estado presente a lo largo de toda la historia del hombre: se tienen registros que ya el hombre practicaba deportes como por ejemplo, la Gimnasia, en el año 4000 A.C. en la antigua China.

Los deportes han visto aumentada su capacidad de organización y regulación desde tiempos remotos hasta la actualidad. El hombre, siempre se ha fascinado por estas disciplinas y, hoy en día, son incontables los deportes con los que el hombre disfruta, tanto como espectador, como participante: Entre los deportes más populares del mundo en la actualidad, podemos encontrar el Fútbol, Básquetbol, el Béisbol, el Voleibol, la Natación, el Tenis, el Atletismo, entre otros.

A través de los años, el deporte no solo ha jugado un rol importante para la sociedad en cuanto al espectáculo que estos ofrecen y en el tema de salud y estado físico de las personas, sino que también ha sido importante por su notable influencia tanto educativo (transmisión de valores) y económico (el amplio mercado y masas monetarias que año tras año genera).

En el campo de la medicina del deporte, los exámenes médicos deportivos, también conocidos como revisiones médicas deportivas, ayudan a determinar si es, o no, seguro que una persona practique determinado deporte. Este tipo de evaluaciones permiten determinar el estado de salud del atleta, su forma física, capacidades aeróbica y anaeróbica, potencia, fuerza muscular, flexibilidad, entre otros.

Toda evaluación médica, consta de 2 partes fundamentales: La historia médica, la cual, resume todos los antecedentes médicos del atleta, incluye un historial cardiovascular, pulmonar, neurológico, enfermedades previas, quirúrgico, entre otros. Y la segunda parte, consta de la exploración física en la que el médico deberá realizar ciertas evaluaciones como lo son exámenes cardiovasculares, evaluaciones del sistema musculo-esquelético, hallazgos dermatológicos, examen físico general, entrenamientos de esfuerzo y capacidad física.

La finalidad de estas evaluaciones es monitorear el entrenamiento, valorar sus progresos o dificultades, detectar condiciones que puedan predisponer a lesiones músculoesqueléticas y/o condiciones que puedan amenazar la vida o incapacitar al atleta, como por ejemplo, riesgos de eventos cardiovasculares y, en particular, la muerte súbita por causa cardíaca, casos que han alarmado al mundo del deporte en los últimos años con la pérdida de numerosos atletas.

El examen médico deportivo es de suma importancia, ya que el mismo puede ayudar a identificar y tratar problemas de salud que podrían interferir con determinadas prácticas deportiva. El médico a cargo, también puede dar algunos consejos para el entrenamiento e indicar cómo evitar posibles lesiones. Normalmente es aconsejable que el atleta se someta a estas pruebas 6 semanas antes de las respectivas competiciones en las que se desenvuelve. En muchos casos, estas evaluaciones solo se realizan antes y después de cada temporada deportiva, lo que deriva en que no se lleve una continua vigilancia médica sobre el atleta, haciéndolo más propenso a sufrir lesiones y situaciones lamentables. Dicho esto, y con propósito de brindarle al personal médico una herramienta que permita facilitar la evaluación

médica a los atletas de alto rendimiento, surge la iniciativa de este Trabajo Especial de Grado que se basa en diseñar y desarrollar un sistema prototipo, que combine las tecnologías existentes y que permita monitorear a distancia los signos vitales de los atletas. Este sistema, contará con un dispositivo que permita obtener dicha data de los pacientes, y le ofrezca al personal médico posibilidad visualizar en una interfaz sencilla y agradable las mediciones que se están realizando remotamente en el atleta. Este sistema también permite la posibilidad de poder resguardar los datos leídos en el paciente con la finalidad de poder realizar análisis posteriores a las evaluaciones médicas y poder tener un mejor seguimiento periódico del atleta.

I.2.- Objetivos

I.2.1.- Objetivo General

Diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo inalámbrico de signos vitales para evaluaciones médicas en atletas de alto rendimiento.

I.2.2.- Objetivos Específicos

- Estudiar y definir los conceptos e información necesaria para el diseño e implementación del sistema.
- Seleccionar los elementos de *hardware* y *software* adecuados a las necesidades del proyecto.
- Diseñar la red telemática que permita una conexión Cliente-Servidor del sistema.
- Desarrollar una base de datos que permita almacenar la data leída por el sistema.
- Diseñar y desarrollar una aplicación que permita visualizar los signos vitales del atleta.

I.3.- Alcances y Limitaciones

El sistema de monitoreo propuesto en el presente Trabajo Especial de Grado no tiene como finalidad sustituir la evaluación médica física que realiza el personal médico en los atletas, sino más bien, estará orientado a ser un complemento de dicha evaluación. Además, dicho sistema deberá ser implementado en el atleta bajo un programa de entrenamiento y ambiente controlado previamente elaborado y/o planificado por el personal médico.

El uso de dicho sistema estará enfocado a aquellas disciplinas del deporte que requieran altas condiciones y entrenamientos físicos, como lo son el Atletismo, Combate sin Armas/Artes Marciales, Ciclismo, Fútbol, Baloncesto, Tenis, entre otros.

El sistema de monitoreo podrá contar con la posibilidad de medir parámetros o signos vitales como lo son: Pulso, Oxígeno en la Sangre (SPO2), Presión Sanguínea, Temperatura Corporal, Respuesta Galvánica de la Piel, Actividad Eléctrica del Corazón (Electrocardiograma), Actividad Eléctrica de los Músculos (Electromiografía), Nivel de Glucosa en la Sangre y Flujo de Aire en el Sistema Respiratorio. De los parámetros médicos mencionados anteriormente, solamente dos de ellos serán escogidos para realizar las pruebas piloto del sistema, las cuales se realizarán en un ambiente no clínico.

El sistema que se implementará con la finalidad de llevar a cabo las pruebas piloto no incluye todos elementos ni la topología propuesta en el diseño del presente Trabajo Especial de Grado, puesto que dichas pruebas solo tendrán un carácter demostrativo.

Además, la topología de red telemática que se propone para el sistema es netamente genérica. Por lo tanto, el diseño de la misma puede variar dependiendo de las características estructurales en donde se desee implementar el sistema

I.4.- Justificación del Proyecto

El sistema de monitoreo inalámbrico propuesto en este proyecto ayuda a mejorar el proceso de evaluación médica en los atletas de alto rendimiento, trayendo como beneficios aumentar las posibilidades de mejorar la condición física del atleta y su rendimiento deportivo general. Con esta herramienta, también se pueden generar procesos de evaluación mucho más regulares y continuos, puesto que el atleta puede incorporar en su entrenamiento rutinario la Unidad de Monitoreo desarrollada en el presente trabajo, de tal manera que el médico puede evaluar en el momento deseado y a distancia el desempeño del atleta en cuestión. Además, a través del sistema se puede mejorar los trabajos de prevención de enfermedades, lesiones y accidentes cardiovasculares que puedan amenazar la carrera, o en el peor de los casos, la vida del atleta.

Capítulo II. Marco Referencial

Para la correcta realización del presente proyecto, se deben conocer y estudiar previamente una serie de temas y conceptos tanto teóricos como prácticos, que permitan obtener un mayor entendimiento del problema abordado, así como también establecer una base y herramientas fundamentales para la correcta solución del proyecto y poder superar las dificultades que se puedan presentar durante la elaboración del mismo.

En la siguiente figura se muestra el contenido teórico abarcado en el presente Trabajo Especial de Grado:



Figura 1: Contenido del Marco Teórico

Fuente: Elaboración propia.

II.1.- El Deporte

II.1.1.- ¿Qué es el deporte?

A lo largo de los años, muchos autores han debatido fuertemente el concepto de la palabra deporte, pues el significado de esta palabra puede tener muchas variantes. Sin embargo, de forma general, el deporte es toda aquella actividad física, ya sea como un juego o competición, involucrada a un conjunto de reglas. El deporte además se entiende y define como una demostración de destreza física y mental; También es para el hombre un tiempo de recreación, placer y diversión. La práctica de un deporte puede desarrollarse por motivos de salud, ocio o profesionales. (EcuRed, 2010).

II.1.2.- Un poco de historia del deporte

El deporte es considerado una necesidad en el hombre, de esta afirmación se entiende que casi todos los pueblos de la humanidad han practicado con algún fin estas disciplinas, desde las más sencillas a las más complejas. Hay evidencias, según artefactos y hallazgos realizados por arqueólogos, de que en China se practicaban regularmente los deportes para el 4000 AC, al parecer, el más popular de ellos: La gimnasia. En el antiguo Egipto, los monumentos a los Faraones delatan que los egipcios practicaban el nado, la pesca, el salto alto y la lucha, todo con elaboradas técnicas y reglas. En la antigua Persia se originó el Polo y la Justa, y también se practicaba el arte marcial iraní de Zourkhaneh. Para que hablar de Grecia, civilización que dió origen a las primeras Olimpíadas en el año 777 A.C. Para los griegos el deporte era parte integral e inseparable de su cultura. (EcuRed, 2010).

II.1.3.- Clasificación del deporte

Según Héctor José Peralta Berbesi, profesor de la Facultad de Educación Física de la Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá, Colombia), los deportes pueden ser clasificados de la siguiente manera:

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE SIGNOS VITALES PARA EVALUACIONES MÉDICAS EN ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO

| DEPORTE | DEFINICION | EJEMPLO |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deportes de agua o acuáticos | Que sean realizados en medio acuoso que permita el libre movimiento del cuerpo y otro elemento | Todas las disciplinas de la natación, waterpolo, vela surfing, y todas los deportes a motor realizados dentro y fuera del agua |
| Deportes de rueda | Su condición es que exista una rueda que acompañe el movimiento del cuerpo, o que lo haga mover. | Ciclismo, patinaje, en sus modalidades como: ruta, pista artístico y de coliseo |
| Deportes de aire | Deben ejecutarse en un espacio aéreo | Paracaidismo, cometa, parapente |
| Deportes atléticos | Son todos aquellos que se realizan en tierra con el movimiento de nuestro propio cuerpo | Alpinismo, atletismo, espeleología |
| Deportes de animales | Su condición es que exista un animal para su realización, sin importar el motivo o la regla del deporte | Tiro al jabalí, equitación, carrera de caballos, colomofilia, pesca |
| Deportes de combate | Para su realización es necesario el enfrentamiento cuerpo a cuerpo con un adversario, con o sin protección | Boxeo, artes marciales, lucha olímpica y greco-romana |
| Deportes de equipo y bola | Para su ejecución es necesario que exista una bola o pelota que acompañe el movimiento del cuerpo y, además, estén más de dos personas que formen un equipo | Baloncesto, fútbol y voleibol |
| Deportes de blanco (target) | Deben ejecutarse con la presencia de una diana o blanco al cual se le dispara | Tiro con arco, pistola, dardos |
| Deportes cortos | Se les denominó así por el breve espacio en que se desarrolla el juego | Tenis de mesa, squash |
| Deportes de stick | Su condición es que exista un palo o raqueta que mueva otro elemento con el compás del desplazamiento del cuerpo | Hockey, polo, tenis y croquet |
| Deportes de tarjeta y bola | Son los que al llevarse a cabo, se anotan las cuentas como condición para un fair play | Golf, bolos y tejo |
| Deportes para discapacitados | En estos están incluidos todos los deportes que existen y pueden ser practicados por personas con alguna discapacidad y/o alguna deficiencia física o mental | Todos los deportes que existen |
| Deportes de mesa | Son todos los que se realizan en mesas con un oponente y se caracteriza por ser un juego intelectual | Ajedrez, damas chinas y dominó |
| Deportes mecánicos de motor | Para su ejecución es necesario que exista un medio mecánico que les permita moverse, producto del ingenio humano | Automovilismo, motociclismo y rally |
| Deportes de alto riesgo | Son todos aquellos que producen vértigo excesivo a causa de la altura, velocidad, peligro, y representan un serio reto para los que lo practican | Paracaidismo en bicicleta, acrobacias aéreas y bungee jumping, entre otros |
| Deportes ambientales | Son los que permiten el descanso y la recreación por medio de actividades en lugares tranquilos y de contacto con la naturaleza | Caminatas ecológicas, camping y tour |
| Deportes excéntricos | También llamados tradicionales, porque son propios del sitio donde se practica y sólo tiene un valor significativo para cada cultura | Lanzamiento de trompo, escalar árboles (USA), carreras de encostalados (Colombia) |

Tabla 1: Clasificación del Deporte según el Profesor Héctor Peralta

Fuente: <http://www.pedagogica.edu.co/>

II.1.4.- Importancia del deporte

Hoy en día los deportes más practicados en el mundo son el Voleibol (más de 990 millones de practicantes), Baloncesto (más de 400 millones), Ping Pong (más de 300 millones), fútbol (más de 240 millones), Bádminton (más de 200 millones) y el tenis (más de 60 millones). Otros deportes populares en el mundo son el Baseball, el Hándbol, el Hockey, el Judo, el Rugby, el Ciclismo y el Cricket.

Los deportes han permanecido y han pasado de generación en generación a través de los años por un deseo innato de mejorar y superarse, de aquí se entiende la necesidad por entrenar día a día el ejercicio físico. El deporte, además de mejorar el estado físico de la persona (desarrolla los músculos, previene de enfermedades cardiovasculares) tiene una gran influencia en la sociedad; destaca de manera notable su importancia en la educación (transmisión de diversos valores a niños, adolescentes e incluso adultos), la economía (Industrialización del sector deportivo y amplio número de espectadores/deportistas mundialmente) y la salud pública. (Higueros, 2011)



Figura 2: Varios de los reportes más practicados en el mundo

Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Deporte>

II.1.5.- ¿Qué es un atleta de alto rendimiento?

Un atleta o deportista de alto rendimiento es aquel que está dotado de condiciones de talento, habilidades técnicas, capacidades físicas, constitución física y cualidades psicológicas, necesarias en una disciplina deportiva específica, en la que se exige, constancia, dedicación y esfuerzo para desarrollar un perfil adecuado que sea óptimo para la competición.

En términos generales, el atleta tiende a ser formado desde tempranas edades, en la etapa de iniciación hasta su arribo a la etapa de la maestría deportiva, con el objetivo de alcanzar los mejores resultados a nivel internacional. En función a esto tanto los padres, como los entrenadores, los deportistas y hasta la sociedad, tienen una forma distinta de ver la práctica deportiva; que por lo general comienza viéndose como un *hobbie*, una forma de ocupar el tiempo libre o una obligación como parte del cumplimiento de una indicación médica.

En el deporte de alto rendimiento, así como en el deporte formativo y recreativo no solo se entrena físicamente, sino que de manera más creciente el entrenamiento psicológico es un elemento fundamental para marcar la diferencia en los niveles de rendimiento que se alcanzan y en la obtención de ventajas y beneficios inherentes al hacer el intento de armonizar productivamente cuerpo y mente. (Gonzalez, 2012)

II.2.- Evaluaciones médicas deportivas

II.2.1.- Concepto

En el campo de la medicina del deporte, la evaluación médica deportiva consiste en una revisión médica preventiva que tiene como fin determinar el estado de salud del atleta. Además, permiten detectar condiciones que puedan predisponer los atletas a lesiones músculoesqueléticas y a condiciones que puedan amenazar o

incapacitar la vida del individuo. En general, ayudan a determinar si es o no seguro que una persona practique determinado deporte.

Esta evaluación debe ser realizada por el médico integral, o especialista, que tenga conocimientos de los componentes de este tipo de evaluación. El momento adecuado para su realización suele ser unas 6 semanas, o más, antes de la temporada deportiva o del evento deportivo. Normalmente, la frecuencia con que se debe hacer la evaluación médica debe ser antes y luego de cada temporada de competición deportiva. (Galeus, 2010)

II.2.2.- Estructura:

Toda evaluación médica deportiva consta de dos partes fundamentales: la historia médica y la evaluación física.

La historia médica: es toda aquella información documentada que provee al médico el conocimiento de todos los antecedentes médicos del paciente. La historia médica suele contener información referente a los siguientes temas del paciente:

- Historial Cardiovascular
- Historial Neurológico
- Historial Musculo-Esquelético
- Historial de Enfermedades previas
- Historial Quirúrgico
- Otras como: antecedentes de desmayos, lesiones previas, medicamentos que se tomen, entre otras.

La evaluación física: es aquella exploración física en la que el médico examina diversas características relacionados con las características físicas y funcionales del paciente. Las evaluaciones físicas más comúnmente realizadas por los médicos son:

- Examen Cardiovascular
- Examen de la vista.
- Examen del sistema Musculo-Esquelético
- Exámenes dermatológicos.
- Análisis de sangre y orina.
- Exámenes físicos generales.
- Mediciones de temperatura, peso, altura, tensión arterial, pulso, entre otros.



Figura 3: Atleta sometido a una evaluación médica deportiva

Fuente: Fuente: <http://www.conestetoscopio.com/tag/ejercicio/>

II.2.3.- Importancia de la revisión médica deportiva

Las revisiones médicas deportivas son determinantes en el buen desempeño físico-deportivo del atleta. Estas pueden ayudar a identificar y tratar problemas de salud que podrían interferir con determinadas prácticas deportivas, disminuyendo el riesgo de tener un accidente cardiovascular en el momento en que se está haciendo ejercicio. (Galeus, 2010)

Los beneficios de una adecuada revisión médica deportiva son:

- Determinar el estado general de la salud.
- Prevenir posibles lesiones músculo-esqueléticas.
- Comprobar el nivel de aptitud física e identificar los factores de riesgo asociados a deportes específicos.
- Detectar condiciones que puedan amenazar la vida o incapacitar al atleta, como por ejemplo, accidentes cardiovasculares, principales responsables de muerte súbita.

II.3.- Signos Vitales

II.3.1.- Definición

Los signos vitales son mediciones de las funciones más básicas del cuerpo, es decir las señales o manifestaciones de vida que presenta un ser humano con vida. Frecuentemente son tomados por médicos y profesionales de salud. (MedlinePlus, 2011)

Los principales signos vitales que los médicos y los profesionales de salud monitorizan de forma rutinaria y sus rangos de normalidad correspondiente son los siguientes:

- **Presión arterial:** es la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias. Normalmente, esto se mide con un aparato denominado Esfigmomanómetro y las mediciones normales varían desde los 90/60 mm/Hg hasta 120/80 mm/Hg.
- **Respiración:** La frecuencia respiratoria es el número de veces que una persona respira por minuto. Es la función por la cual los seres vivos toman oxígeno (O₂) y expelen el dióxido de carbono (CO₂). Se suele medir cuando la persona está en reposo, y consiste simplemente en contar el número de

respiraciones durante un minuto contando las veces que se eleva su pecho. Los valores normales son de 12 a 18 respiraciones por minuto.

- **Pulso:** El ritmo del pulso es la medida de la frecuencia cardiaca, es decir, del número de veces que el corazón late por minuto. Las mediciones normales son de 60 a 100 latidos por minuto.
- **Temperatura:** Es una magnitud física referida al grado de calor corporal y puede ser medida específicamente con un Termómetro. Los valores normales suelen ser de 36.5-37.2° C (97.8-99.1° F)/promedio de 37° C (98.6° F). (MedlinePlus, 2011).

II.3.2.- El Electrocardiograma

El electrocardiograma (EKG o ECG) es una prueba diagnóstica que evalúa el ritmo y la función cardiaca a través de un registro de la actividad eléctrica del corazón. El corazón late porque se emiten señales eléctricas que nacen de la aurícula derecha (en una estructura llamada nodo sinusal) y se transmiten por unas vías específicas que se distribuyen por todo el corazón, dando lugar al latido cardiaco. Esta actividad eléctrica se puede recoger a través de unos electrodos que se pegan en la piel, concretamente en la parte anterior del pecho y en los brazos y piernas. Los impulsos eléctricos se registran en forma de líneas o curvas en un papel milimetrado, las cuales traducen la contracción o relajación tanto de las aurículas como de los ventrículos. Este registro en papel es lo que se llama electrocardiograma. (MedlinePlus, 2011)

II.3.3.- El Monitor de signos Vitales

Es un dispositivo usado generalmente en ambientes clínicos que permite detectar, procesar y desplegar en forma continua los parámetros fisiológicos del cuerpo. Además, la mayoría de estos dispositivos dispone de un sistema de alarmas que alertan si detecta algún valor fuera del límite deseado. Normalmente estos

monitores son capaces de medir y representar parámetros médicos como electrocardiograma (EGC), frecuencia respiratoria y cardíaca, presión no invasiva (PNI), temperatura corporal, saturación de oxígeno (SpO₂), saturación venosa de oxígeno (SvO₂), entre otros. (MedlinePlus, 2011)

II.4.- Redes Inalámbricas

Como su nombre lo indica, son redes en la que dos o más terminales se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable, las cuales se basan en la transmisión de información mediante un enlace que usa ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos. Con las redes inalámbricas, un usuario puede mantenerse conectado cuando se desplaza dentro de una determinada área geográfica. Por esta razón, a veces se le designa un atributo "movilidad" a estas redes. (Soyinka, 2010)

Estas redes, se pueden clasificar según su cobertura de la siguiente manera:

II.4.1.- WPAN (*Wireless Personal Area Network*)

Son redes inalámbricas de área personal las cuales enfocan sus sistemas de comunicación en un área típica de 10 metros a la redonda. Este tipo de red se usa generalmente para conectar dispositivos periféricos (impresoras, computadoras personales, teléfonos móviles y electrodomésticos) o un asistente personal digital (PDA) a un ordenador sin conexión por cables. Las tecnologías inalámbricas más usadas en este tipo de redes son el Bluetooth y el Infrarrojo. (Soyinka, 2010)

II.4.2.- WLAN (*Wireless Local Area Network*)

Son redes muy utilizadas como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de éstas, con un alcance aproximado de cien metros en interiores y varios kilómetros en exteriores. Las WLAN utilizan tecnologías tales como IEEE

802.11a, 802.11b, 802.15, HiperLAN2, HomeRF, etc. Estas redes utilizan básicamente longitudes de onda correspondientes a las microondas (2,4 GHz y 5 GHz) y permiten tener anchos de banda apreciables (desde 1 MB/s en las primeras versiones hasta llegar a los 54 MB/s de los últimos estándares). (Soyinka, 2010)

II.4.3.- WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*)

Las redes WMAN también se conocen como bucle local inalámbrico (WLL: *Wireless Local Loop*) y se basan en el estándar IEEE 802.16. Estas redes ofrecen una velocidad total efectiva de 1 a 10 Mbps (banda ancha), con un alcance que dan cobertura a un área geográfica extensa de entre 4 a 10 kilómetros, algo sumamente útil para las compañías de telecomunicaciones. La mejor red inalámbrica metropolitana es WIMAX, el cual es protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda que puede alcanzar una velocidad de 70 Mbps en un radio de varios kilómetros.

Las redes WMAN permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas entre varias ubicaciones dentro de un área metropolitana sin el alto coste que supone la instalación de cables de fibra óptica o cobre y el alquiler de las líneas. WMAN utiliza ondas de radio o de luz infrarroja para transmitir los datos. (Soyinka, 2010)

II.4.4.- WWAN (*Wireless Wide Area Network*)

Las redes inalámbricas de área extensa (WWAN) tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas. Estas difieren de una WLAN en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles como lo son GSM, GPRS, UMTS, EDGE, CDMA2000, CDPD, Mobitex, HSPA y 3G. Estas tecnologías se ofrecen a nivel regional, nacional o incluso a nivel mundial y son proporcionados por un proveedor de servicios inalámbricos. La conectividad de las redes WWAN permite al usuario con un ordenador portátil y una tarjeta WWAN navegar por Internet, consultar el correo electrónico o conectarse a una red privada virtual (VPN) desde cualquier lugar dentro de los límites regionales de servicio celular. (Soyinka, 2010)

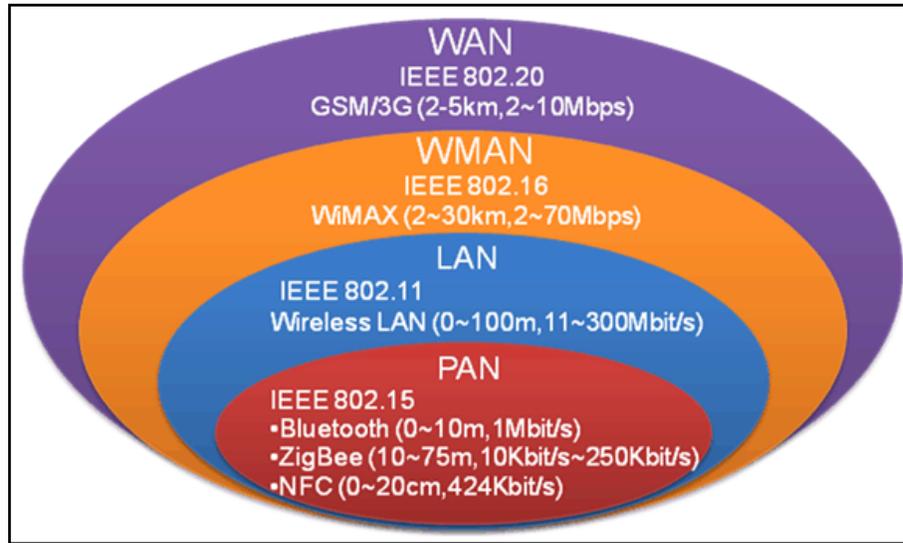


Figura 4: Alcance y velocidades de los diferentes tipos de redes inalámbricas

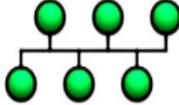
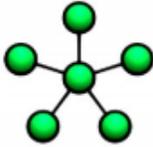
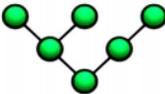
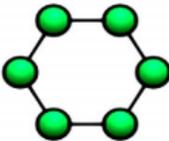
Fuente: www.elecfans.com

II.5.- Topologías de Redes

II.5.1.- Definición y tipos de topología

La topología de una red representa la disposición de los enlaces que conectan los nodos de una red. Las redes pueden tomar muchas formas diferentes dependiendo de cómo están interconectados los nodos. Hay dos formas de describir la topología de una red: física o lógica. La topología física se refiere a la configuración de cables, antenas, computadores y otros dispositivos de red, mientras la topología lógica hace referencia a un nivel más abstracto, considerando por ejemplo el método y flujo de la información transmitida entre nodos.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los principales tipos de topología y su aplicación en redes inalámbricas:

| Topología | Descripción | Representación Visual | Relevancia en Redes inalámbricas |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bus o Barra | Todos los nodos están conectados a un cable común o compartido. Las redes Ethernet normalmente usan esta topología. |  | No aplicable generalmente. Estudiando la topología de bus se puede notar que cada nodo se conecta a todos los demás nodos, en el punto donde un cable se conecta con otros cables. En el caso inalámbrico esta topología es equivalente a una red de malla completa operando en un canal único. |
| Estrella | Cada nodo se conecta directamente a un concentrador central. En una topología de estrella todos los datos pasan a través del concentrador antes de alcanzar su destino. Esta es una topología común tanto en redes Ethernet como inalámbricas. |  | Sí; esta es la topología estándar de una red inalámbrica. |
| Línea | Un conjunto de nodos conectados en una línea. Cada nodo se conecta a sus dos nodos vecinos excepto el nodo final que tiene sólo un nodo vecino. |  | Sí; con dos o más elementos. Una línea de dos nodos es un enlace Punto a Punto. |
| Árbol | Una combinación de las topologías de bus y estrella. Un conjunto de nodos configurados como estrella se conectan a una dorsal (<i>backbone</i>). |  | Sí; típicamente usado por ISP (Proveedores de servicio de Internet) inalámbricos. |
| Anillo | Todos los nodos se conectan entre sí formando un lazo cerrado, de manera que cada nodo se conecta directamente a otros dos dispositivos. Típicamente la infraestructura es una dorsal (<i>backbone</i>) con fibra óptica. |  | Sí; posible pero raro de encontrar. |

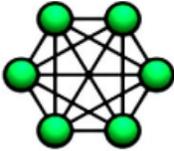
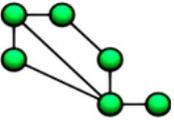
| | | | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <p>Malla Completa</p> | <p>Existe enlace directo entre todos los pares de nodos de la red. Una malla completa con n nodos requiere de $n(n-1)/2$ enlaces directos. Debido a esta característica, es una tecnología costosa pero muy confiable. Se usa principalmente para aplicaciones militares.</p> |  | <p>Sí; pero la mayoría son mallas parciales.</p> |
| <p>Malla Parcial</p> | <p>Algunos nodos están organizados en una malla completa, mientras otros se conectan solamente a uno o dos nodos de la red. Esta topología es menos costosa que la malla completa pero por supuesto, no es tan confiable ya que el número de enlaces redundantes se reduce.</p> |  | <p>Sí.</p> |

Tabla 2: Principales tipos de topologías de red

Fuente: <http://ri.ues.edu.sv/>

II.5.2.- Modos de operación de redes inalámbricas:

El conjunto de estándares 802.11 definen dos modos fundamentales para redes inalámbricas: Ad Hoc e Infraestructura. Es importante comprender que no siempre los modos se ven reflejados directamente en la topología. Por ejemplo, un enlace punto a punto puede ser implementado en modo ad hoc o Infraestructura y nos podríamos imaginar una red en estrella construida por conexiones ad hoc. El modo puede ser visto como la configuración individual de la tarjeta inalámbrica de un nodo, más que como una característica de toda una infraestructura.

II.5.2.1.- Modo Ad-hoc (IBSS)

Consiste en un grupo de ordenadores que se comunican cada uno directamente con los otros a través de las señales de radio sin usar un punto de acceso. Las configuraciones "Ad-hoc" son comunicaciones de tipo punto a punto. Solamente los ordenadores dentro de un rango de transmisión definido pueden comunicarse entre ellos.

También conocida como "MANET (Mobile Ad-hoc Networks)", el propósito de Ad-hoc es proporcionar flexibilidad y autonomía aprovechando los principios de auto-organización. Una red móvil Ad-hoc es una red formada sin ninguna administración central o no hay un nodo central, sino que cuenta de nodos móviles que utilizan una interface inalámbrica para enviar paquetes de datos. Los dispositivos Ad-hoc pueden también retransmitir tráfico entre dispositivos (computadoras) que estén fuera de su alcance. Dispone de un identificador único para cada uno de esas conversaciones con una dirección "MAC" de 48 bits. En el caso de estas redes, este número "MAC" es generado por el adaptador inalámbrico. Cuando es activado el adaptador inalámbrico o "*wireless*" primero pasa a un estado de "escucha" en el cual durante unos seis segundos está buscando por todos los canales para ver si encuentra alguna "conversación" activa. (Mercado, Berrios, & Chan, 2012)

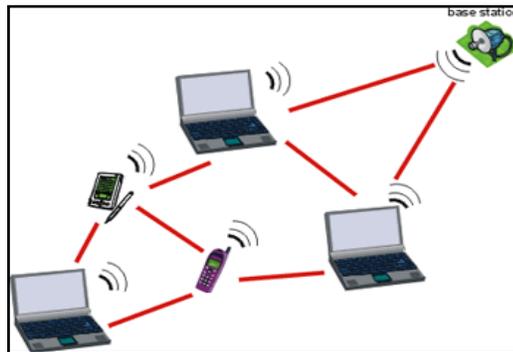


Figura 5: Topología Ad-hoc

Fuente: <http://www.naguissa.com/>

II.5.2.2.- Modo Infraestructura (BSS)

Contrario al modo Ad-hoc donde no hay un elemento central, en el modo infraestructura hay un elemento de "coordinación"; un punto de acceso o estación base. Si el punto de acceso se conecta a una red Ethernet cableada, los clientes inalámbricos pueden acceder a la red fija a través del punto de acceso. Para interconectar muchos puntos de acceso y clientes inalámbricos, todos deben configurarse con el mismo SSID. En redes IEEE 802.11 el modo de infraestructura es conocido como conjunto de servicios básicos (BSS "*Basic Service Set*") o maestro y cliente.

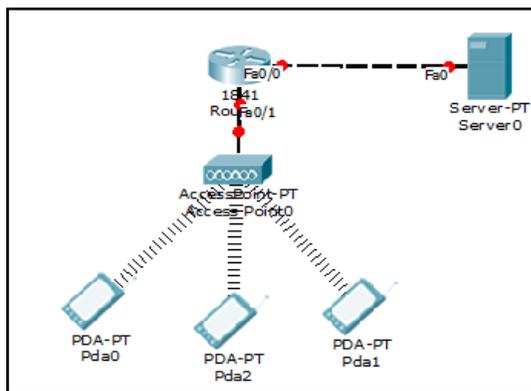


Figura 6: Topología Infraestructura

Fuente: Elaboración propia

II.6.- Tecnologías inalámbricas

II.6.1.- Bluetooth

II.6.1.1.- Definición

Bluetooth es una tecnología de red de área personal inalámbrica de corto alcance, originalmente desarrollada por Ericsson en 1994, que permite conectar ordenadores, teléfonos móviles y dispositivos digitales portátiles entre sí y a Internet.

La tecnología Bluetooth elimina la necesidad de recurrir a cables para conectar los dispositivos entre sí. A diferencia de la tecnología *IrDa* (que utiliza una conexión infrarrojo), los dispositivos Bluetooth no necesitan una línea de visualización directa para comunicarse. Esto hace que su uso sea más flexible y permite la comunicación entre habitaciones en espacios pequeños. (Technologies, 2008)

Esta tecnología funciona en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, la cual no precisa de ninguna licencia. Tiene un radio de acción de 1 o 30 metros dependiendo de la clase del dispositivo Bluetooth y la máxima velocidad de transmisión es de 3 Mbps.

II.6.1.2.- Seguridad

La tecnología Bluetooth se ha diseñado, desde un principio, prestando especial atención a la seguridad. Al estar disponible en todo el mundo a través de la banda ISM abierta de 2.4 GHz, la fiabilidad fue prioritaria desde un primer momento. Gracias a la función de salto adaptable de frecuencia (AFH), la señal “salta” y limita las interferencias de otras señales. Es más, la tecnología Bluetooth cuenta con seguridad integrada, como el cifrado de 128 bits y la autenticación mediante código PIN. Cuando los productos Bluetooth se identifican y conectan entre sí por primera vez, se utiliza el código PIN para garantizar una conexión segura en todo momento.

II.6.2.- Infrarrojo.

Es una tecnología que se basa en la transmisión de radio a través de radiación electromagnética y térmica, de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Los enlaces infrarrojos se encuentran limitados por el espacio y los obstáculos (requiere línea de vista). El hecho de que la longitud de onda

de los rayos infrarrojos sea tan pequeña (850-900 nm), hace que no pueda propagarse de la misma forma en que lo hacen las señales de radio.

Infrared Data Association (IrDA) define un estándar físico en la forma de transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojo. IrDA se crea en 1993 entre HP, IBM, Sharp y otros.

Esta tecnología está basada en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo. Los estándares IrDA soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones, permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9.600 bps y los 4 Mbps Esta tecnología se encuentra en muchos ordenadores portátiles, y en un creciente número de teléfonos celulares, sobre todo en los de fabricantes líderes como Nokia y Ericsson. A lo largo de la última década, ha sido gradualmente desplazada por tecnologías como Wi-Fi y Bluetooth. (McHamon, 2003)

II.6.3.- ZigBee

II.6.3.1.- Definición

ZigBee es una tecnología inalámbrica de corto alcance, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN), y ha sido desarrollada para la comunicación a menor escala de datos, principalmente para el sector inmobiliario y hasta el contexto industrial. ZigBee ha sido desarrollado para ofrecer a cambio de un bajo coste y baja potencia, dos vías de comunicaciones inalámbricas. Los sectores en los que dicha tecnología tiene más éxito son en los componentes electrónicos diseñados para el consumidor, el hogar, la automatización de edificios, control industrial y sensores médicos.

Al tener capacidad para dar soporte a una serie de topologías de redes, seguridad incorporada y la capacidad de descubrir otros dispositivos, ZigBee ofrece

una elección adecuada para muchas aplicaciones industriales incluyendo registro de datos y control de máquinas. (Cabeza & Gonzalez, 2010)

II.5.3.2.- Seguridad:

Uno de los aspectos más característicos de ZigBee son los servicios que ofrece para el soporte de comunicaciones seguras. Se protege el establecimiento y transporte de claves, el cifrado de trama y el control de dispositivos. Se apoya en el marco definido por IEEE 802.15.4; la seguridad depende de la correcta gestión de las claves simétricas y la adecuada implementación de los métodos y políticas de seguridad.

II.6.4.- Wi-Fi

II.6.4.1- Definición:

Es un mecanismo de conexión que permite que diferentes dispositivos electrónicos se conecten a las redes de comunicación a través de un punto de acceso de red inalámbrica (*hotspot*). Dicho punto de acceso tiene un alcance limitado, el cual es mucho mayor en espacios libres que en interiores (aproximadamente unos 20 m).

WiFi es una marca de la Wi-Fi Alliance (Anteriormente WECA), y nace de la alianza de diferentes empresas (3com, Airones, Intersil, Lucent Technologies, Nokia y Symbol Technologies) interesadas por establecer un mecanismo de conexión inalámbrica, que fuese compatible entre distintos dispositivos y redes. Este mecanismo se basa en los estándares 802.11 sobre redes inalámbricas de área local y es totalmente compatible con todos los servicios de las redes locales (LAN) de cable.

De forma simplificada, una red WiFi es el nexo de unión entre una red de datos fija y una serie de dispositivos que funcionan de modo inalámbrico. Esta red dispone de uno o varios puntos de acceso, que captan la señal de los dispositivos y la canalizan a la red fija, o a la inversa. Pueden agregarse más puntos de acceso para

generar redes de cobertura más amplia, conectar antenas WiFi más grandes que amplifiquen la señal o usar repetidores WiFi inalámbricos para extender la cobertura de una red que tiene la señal más débil. En el caso de redes de dimensiones más reducidas (hogar o pequeña oficina) el elemento clave es el Router WiFi, que hace las veces de punto de acceso (Cabeza & Gonzalez, 2010)

II.6.4.2.- Estándares que certifica WiFi:

Existen varios tipos de Wi-Fi, basado cada uno de ellos en el estándar IEEE 802.11. Entre ellos podemos encontrar:

- **Los estándares IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n** disfrutaban de una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz está disponible casi universalmente, con una velocidad de hasta 11 Mbit/s, 54 Mbit/s y 300 Mbit/s, respectivamente.

- **El estándar IEEE 802.11a**, conocido como WIFI 5, opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. La banda de 5 GHz ha sido recientemente habilitada y, además, no existen otras tecnologías (Bluetooth, microondas, ZigBee, WUSB) que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4 GHz (aproximadamente un 10%), debido a que la frecuencia es mayor (a mayor frecuencia, menor alcance).

A continuación, se presenta en la tabla 3 una comparativa de los diferentes estándares de la norma 802.11, haciendo énfasis en las características principales de cada uno de ellos:

| Norma | Velocidad de Transmisión | Throughput Máximo Típico | Banda de Frecuencia | Radio de Cobertura Típico (Interior) | Radio de Cobertura Típico (Exterior) |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| IEEE 802.11a/h | 54 Mbps | 22Mbps | 5 GHz | 85 m | 185m |
| IEEE 802.11b | 11Mbps | 6 Mbps | 2.4 GHz | 50 m | 140 m |
| IEEE 802.11g | 54 Mbps | 22 Mbps | 2.4 GHz | 65 m | 150 m |
| IEEE 802.11n (40 MHz) | > 300 Mbps | > 100 Mbps | 5 GHz | 120 m | 300 m |
| IEEE 802.11n (20Mhz) | 144 Mbps | 74 Mbps | 2.4 GHz y 5 GHz | 120 m | 300 m |

Tabla 3: Estándares de la norma 802.11

Fuente: Elaboración Propia

II.6.4.3.- Seguridad:

Entre las alternativas para garantizar la seguridad de estas redes podemos encontrar:

- **WEP:** es un sistema que cifra los datos en su red de forma que sólo el destinatario deseado pueda acceder a ellos. Los cifrados de 64 y 128 bits son dos niveles de seguridad WEP. WEP codifica los datos mediante una “clave” de cifrado antes de enviarlo al aire. Este tipo de cifrado no está muy recomendado debido a las grandes vulnerabilidades que presenta ya que cualquier *hacker* puede conseguir sacar la clave, incluso aunque esté bien configurado y la clave utilizada sea compleja.
- **WPA:** creado para corregir las deficiencias del sistema previo (WEP), WPA adopta la autenticación de usuarios mediante el uso de un servidor, donde se almacenan las credenciales y contraseñas de los usuarios de la red. Para no obligar al uso de tal servidor para el despliegue de redes, WPA permite la autenticación mediante una clave precompartida, que de un modo similar al

WEP, requiere introducir la misma clave en todos los equipos de la red. Una de las mejoras sobre WEP, es la implementación del Protocolo de Integridad de Clave Temporal (TKIP - *Temporal Key Integrity Protocol*), que cambia claves dinámicamente a medida que el sistema es utilizado. Cuando esto se combina con un vector de inicialización (IV) mucho más grande, evita los ataques de recuperación de clave (ataques estadísticos) a los que es susceptible WEP.

- **WPA2 (estándar 802.11i):** es una mejora relativa a WPA. En principio es el protocolo de seguridad más seguro para Wi-Fi en este momento. Sin embargo requieren hardware y software compatibles, ya que los antiguos no lo son.
- **IPSEC (túneles IP):** es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos. IPsec también incluye protocolos para el establecimiento de claves de cifrado.

| | | ESTÁNDARES | | |
|------------------------|-------------------------|------------|---------------|---------|
| | | WEP | WPA | 802.11i |
| CARACTERÍSTICAS | Algoritmo cifrado | RC4 | RC4 | AES |
| | Tipo de cifrado | Flujo | Flujo | Bloque |
| | Protocolo de seguridad | - | TKIP | CCMP |
| | Distribución de claves | Manual | EAP | EAP |
| | Comprobación integridad | CRC32 | TKIP(Michael) | CCM |
| | Año aparición | 1999 | 2002 | 2004 |

Figura 7: Características de los estándares de seguridad WEP, WPA y WPA2.

Fuente: <http://www.felipereyesvivanco.com/wp-content/uploads/2012/12/iseclab6-2-tabla-wifi.jpg>

II.6.5.- WiMAX

WiMAX son las siglas de *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, y es la marca que certifica que un producto está conforme con los estándares de acceso inalámbrico 'IEEE 802.16'.

Estos estándares permitirán conexiones de velocidades similares al ADSL o al cable módem, sin cables, y hasta una distancia de 50-60 km. Este nuevo estándar será compatible con otros anteriores, como el de Wi-Fi (IEEE 802.11).

El impacto de esta nueva tecnología inalámbrica puede ser extraordinario ya que contiene una serie de elementos que van a favorecer su expansión; relativo bajo coste de implantación, gran alcance de hasta 50 Km, velocidades de transmisión que pueden alcanzar los 75 Mbps, no necesita visión directa, es disponible con criterios para voz como para video y tecnología IP extremo a extremo.

Además, dependiendo del ancho de banda del canal utilizado, una estación base puede soportar miles de usuarios, netamente superior al WLAN. Su popularización supone el futuro despegue definitivo de otras tecnologías, como VoIP (llamadas de voz sobre el protocolo IP). WiMAX está pensado principalmente como tecnología de última milla y se puede usar para enlaces de acceso, MAN o incluso WAN.

WiMAX también destaca por su capacidad como tecnología portadora, sobre la que se puede transportar IP, TDM, T1/E1, ATM, Frame Relay y voz, lo que la hace perfectamente adecuada para entornos de grandes redes corporativas de voz y datos así como para operadores de telecomunicaciones. (Observatorio Tecnológico, 2006)

II.7.- Arquitectura Cliente-Servidor

II.7.1.- ¿Qué es un Cliente?

Es aquello que inicia un requerimiento de servicio. El requerimiento inicial puede convertirse en múltiples requerimientos de trabajo a través de redes LAN o WAN. La ubicación de los datos o de las aplicaciones es totalmente transparente para el cliente. (Berson, 1996)

II.7.2.- ¿Qué es un servidor?

Es cualquier recurso de cómputo dedicado a responder a los requerimientos del cliente. Los servidores pueden estar conectados a los clientes a través de redes LANs o WANs, para proveer de múltiples servicios a los clientes y ciudadanos tales como impresión, acceso a bases de datos, fax, procesamiento de imágenes, etc. (Berson, 1996)

II.7.3.- Concepto de una arquitectura Cliente-Servidor:

Esta arquitectura consiste básicamente en que un demandante (cliente) realiza peticiones a otro programa (el servidor) que le da respuesta. La separación entre cliente y servidor es una separación de tipo lógico, donde el servidor no se ejecuta necesariamente sobre una sola máquina ni es necesariamente un sólo programa. Los tipos específicos de servidores incluyen los servidores web, los servidores de archivo, los servidores del correo, etc. Mientras que sus propósitos varían de unos servicios a otros, la arquitectura básica seguirá siendo la misma. (Berson, 1996)

A continuación, se puede observar en la figura 8 los elementos y estructura de este tipo de arquitectura:

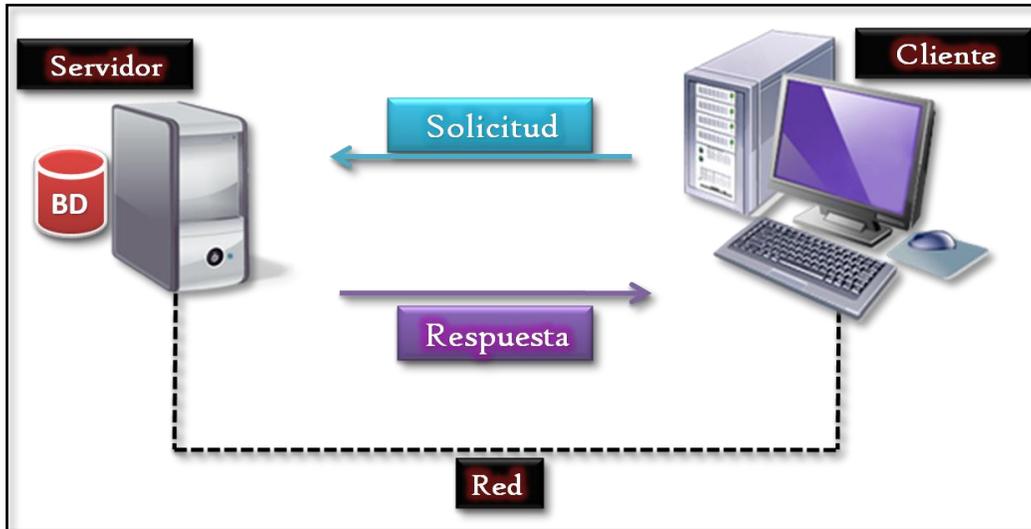


Figura 8: Esquema básico de una Arquitectura Cliente-Servidor.

Fuente: www.ulyla003.wordpress.com

II.7.4.- Características de la arquitectura Cliente-Servidor:

Combinación de un cliente que interactúa con el usuario, y un servidor que interactúa con los recursos a compartir. El proceso del cliente proporciona la interfaz entre el usuario y el resto del sistema. El proceso del servidor actúa como un motor de software que maneja recursos compartidos tales como bases de datos, impresoras, Módem, etc.

- Las tareas del cliente y del servidor tienen diferentes requerimientos en cuanto a recursos de cómputo como velocidad del procesador, memoria, velocidad y capacidades del disco e *input-output devices*.
- Se establece una relación entre procesos distintos, los cuales pueden ser ejecutados en la misma máquina o en máquinas diferentes distribuidas a lo largo de la red.
- Existe una clara distinción de funciones basadas en el concepto de “servicio”, que se establece entre clientes y servidores.

- La relación establecida puede ser de muchos a uno, en la que un servidor puede dar servicio a muchos clientes, regulando su acceso a los recursos compartidos.
- Los clientes corresponden a procesos activos en cuanto a que son estos los que hacen peticiones de servicios. Estos últimos tienen un carácter pasivo, ya que esperan peticiones de los clientes.
- No existe otra relación entre clientes y servidores que no sea la que se establece a través del intercambio de mensajes entre ambos. El mensaje es el mecanismo para la petición y entrega de solicitudes de servicios.
- El ambiente es heterogéneo. La plataforma de hardware y el sistema operativo del cliente y del servidor no son siempre los mismos. Precisamente una de las principales ventajas de esta arquitectura es la posibilidad de conectar clientes y servidores independientemente de sus plataformas.
- El concepto de escalabilidad tanto horizontal como vertical es aplicable a cualquier sistema Cliente-Servidor. La escalabilidad horizontal permite agregar más estaciones de trabajo activas sin afectar significativamente el rendimiento. La escalabilidad vertical permite mejorar las características del servidor o agregar múltiples servidores. (Berson, 1996)

II.7.5.- Ventajas de una Arquitectura Cliente-Servidor:

- **Centralización del control:** los accesos, recursos y la integridad de los datos son controlados por el servidor de forma que un programa cliente defectuoso o no autorizado no pueda dañar el sistema. Esta centralización también facilita la tarea de poner al día datos u otros recursos (mejor que en las redes P2P).
- **Escalabilidad:** se puede aumentar la capacidad de clientes y servidores por separado. Cualquier elemento puede ser aumentado (o mejorado) en cualquier momento, o se pueden añadir nuevos nodos a la red (clientes y/o servidores).
- **Fácil mantenimiento:** al estar distribuidas las funciones y responsabilidades entre varios ordenadores independientes, es posible reemplazar, reparar, actualizar, o incluso trasladar un servidor, mientras que sus clientes no se

verán afectados por ese cambio (o se afectarán mínimamente). Esta independencia de los cambios también se conoce como encapsulación.

- Existen tecnologías, suficientemente desarrolladas, diseñadas para el paradigma de C/S que aseguran la seguridad en las transacciones, la amigabilidad de la interfaz, y la facilidad de empleo.

II.7.6.- Desventajas de una Arquitectura Cliente-Servidor:

- La congestión del tráfico ha sido siempre un problema en el paradigma de C/S. Cuando una gran cantidad de clientes envían peticiones simultáneas al mismo servidor, puede ser que cause muchos problemas para éste (a mayor número de clientes, más problemas para el servidor). Al contrario, en las redes P2P como cada nodo en la red hace también de servidor, cuantos más nodos hay, mejor es el ancho de banda que se tiene.
- El paradigma de C/S clásico no tiene la robustez de una red P2P. Cuando un servidor está caído, las peticiones de los clientes no pueden ser satisfechas. En la mayor parte de redes P2P, los recursos están generalmente distribuidos en varios nodos de la red. Aunque algunos salgan o abandonen la descarga; otros pueden todavía acabar de descargar consiguiendo datos del resto de los nodos en la red.
- El *software* y el *hardware* de un servidor son generalmente muy determinantes. Un hardware regular de un ordenador personal puede no poder servir a cierta cantidad de clientes. Normalmente se necesita software y hardware específico, sobre todo en el lado del servidor, para satisfacer el trabajo. Por supuesto, esto aumentará el coste.
- El cliente no dispone de los recursos que puedan existir en el servidor. Por ejemplo, si la aplicación es una Web, no podemos escribir en el disco duro del cliente o imprimir directamente sobre las impresoras sin sacar antes la ventana previa de impresión de los navegadores. (Berson, 1996)

II.8.- Sockets

Los sockets son mecanismos de comunicación entre procesos que pueden encontrarse en una misma o en diferentes máquinas de una red. Normalmente se usan en forma cliente-servidor.

Existen 2 tipos de sockets: los que utilizan el protocolo de datagramas de usuario o UDP (*User Datagram Protocol*) y los que utilizan el protocolo de control de la transmisión o TCP (*Transmission Control Protocol*). La principal diferencia entre ambos es que el UDP necesita que le entreguemos paquetes de datos que el usuario debe construir, mientras el TCP admite bloques de datos (cuyo tamaño puede ir desde 1 bytes hasta muchos K bytes, dependiendo de la implementación) que serán empaquetados de forma transparente antes de ser transmitidos.

Existe además otra diferencia importante. Tanto los paquetes de datos UDP como los segmentos TCP (este es el nombre que reciben los paquetes TCP) pueden perderse (muy rara vez llegan al destino correcto con errores). Si un paquete se pierde el UDP no hace nada.

Por el contrario, si un segmento se pierde el TCP lo retransmitirá, y este proceso durará hasta que el segmento ha sido correctamente entregado al host receptor, o se produzca un número máximo de retransmisiones

II.9.- Enrutador (*Router*)

El enrutador (en inglés *router*), direccionador, ruteador o encaminador es un dispositivo de hardware para interconexión de red de ordenadores que opera en la capa tres (nivel de red). Un enrutador es un dispositivo para la interconexión de redes informáticas que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.

El enrutador, a diferencia de un hub (dispositivo de conexión de varios puertos), inspecciona cada paquete de información para elegir el mejor camino que ha de tomar la misma.

Los enrutadores pueden proporcionar conectividad dentro de las empresas, entre las empresas e Internet, y en el interior de proveedores de servicios de Internet (ISP). Los enrutadores más grandes (por ejemplo, el CRS-1 de Cisco o el Juniper T1600) interconectan ISPs y se utilizan dentro de los ISPs, o pueden ser utilizados en grandes redes de empresas. Existen varios tipos de enrutadores, entre los cuales están: SOHO (Small Office, Home Office), de Empresa, de Acceso, de Distribución, de Núcleo, de Borde y por último los Inalámbricos. (Ariganello, 2007)

A pesar de que tradicionalmente los enrutadores solían tratar con redes fijas (Ethernet, ADSL, RDSI...), en los últimos tiempos han comenzado a aparecer enrutadores que permiten realizar una interfaz entre redes fijas y móviles (Wi-Fi, GPRS, Edge, UMTS, Fritz!Box, WiMAX...). Un enrutador inalámbrico comparte el mismo principio que un enrutador tradicional. La diferencia es que éste permite la conexión de dispositivos inalámbricos a las redes a las que el enrutador está conectado mediante conexiones por cable. La diferencia existente entre este tipo de enrutadores viene dada por la potencia que alcanzan, las frecuencias y los protocolos en los que trabajan.



Figura 9: Router Inalámbrico Linksys Cisco

Fuente: www.cisco.com

II.10.- Conmutador (*Switch*)

Un *switch* o conmutador es un dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores que opera en la capa 2 (nivel de enlace de datos) del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes (bridges), pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red. Normalmente, la conexión de un *switch* a un equipo se realiza a través de un puerto RJ-45(Ethernet), aunque existen modelos que permiten la conexión por puerto serie (modo consola).

Los conmutadores se utilizan cuando se desea conectar múltiples redes, fusionándolas en una sola. Al igual que los puentes, dado que funcionan como un filtro en la red, mejoran el rendimiento y la seguridad de las LANs (Local Area Network- Red de Área Local).

Los conmutadores poseen la capacidad de aprender y almacenar las direcciones de red de nivel 2 (direcciones MAC) de los dispositivos alcanzables a través de cada uno de sus puertos. Por ejemplo, un equipo conectado directamente a un puerto de un conmutador provoca que el conmutador almacene su dirección MAC. Esto permite que, a diferencia de los concentradores o hubs, la información dirigida a un dispositivo vaya desde el puerto origen al puerto de destino. En el caso de conectar dos conmutadores o un conmutador y un concentrador, cada conmutador aprenderá las direcciones MAC de los dispositivos accesibles por sus puertos, por lo tanto en el puerto de interconexión se almacenan las MAC de los dispositivos del otro conmutador. (Ariganello, 2007)

II.11.- Punto de Acceso (*Access Point*)

Los puntos de acceso (denominados también estaciones base o WAP) proporcionan acceso inalámbrico a una red Ethernet con cable. Un punto de acceso se conecta a un concentrador, conmutador o enrutador con cable (normalmente por medio de un puerto RJ-45) y envía señales inalámbricas. Esto permite que los equipos

y dispositivos puedan conectarse de forma inalámbrica a la red con cable. Los puntos de acceso actúan como antenas de telefonía móvil: puede desplazarse de una ubicación a otra sin perder el acceso inalámbrico a la red.

La mayoría de los puntos de acceso siguen el estándar de comunicación 802.11 de la IEEE lo que permite compatibilidad con una gran variedad de equipos inalámbricos. Algunos equipos incluyen tareas como la configuración de la función de ruteo, de direccionamiento de puertos, seguridad y administración de usuarios.

Estos aparatos suelen ser de un tamaño disimulado (20 cms aprox) y normalmente se colocan en lugares estratégicos para extender el área de alcance de una red. Por lo general, cuando se conecta a Internet de forma inalámbrica a través de una red pública inalámbrica (en un aeropuerto, cafetería u hotel) esta conexión se realiza a través de un punto de acceso. Si se desea conectar los equipos de forma inalámbrica y se tiene un enrutador que ofrece esta capacidad, no se necesita un punto de acceso. Los puntos de acceso no integran tecnología para compartir las conexiones a Internet. Para esto, se debe conectar un punto de acceso a un enrutador o a un módem con enrutador integrado. (Microsoft, 2012)

II.12.- Ordenadores de placa reducida:

Un ordenador de placa reducida (SBC) es un ordenador completo construido en una sola placa de circuito, con microprocesador, memoria, puertos de entrada/salida y otras características requeridas de un ordenador funcional. Los ordenadores de placa reducida se hicieron como sistemas de demostración o desarrollo, para sistemas educativos, o para el uso como sistemas de computación embebidos. Existen muchos tipos de computadores domésticos o portátiles que integran todas sus funciones en una sola placa de circuito impreso. (WisegEEK, 2011)

II.12.- Lenguajes de Programación

II.12.1.- C++

C++ es un lenguaje de programación creado por Bjarne Stroustrup en los laboratorios de AT&T en la década de los 80's y su nombre hace referencia al carácter del operador incremento de C (++). Ante la gran difusión y éxito que iba obteniendo en el mundo de los programadores, la ATT comenzó a estandarizarlo internamente en 1987. En 1989 se formó un comité ANSI (seguido algún tiempo después por un comité ISO) para estandarizarlo a nivel americano e internacional.

Stroustrup necesitaba ciertas facilidades de programación, incluidas en otros lenguajes pero que C no soportaba, al menos directamente, como son las llamadas clases y objetos, principios usados en la programación actual. Para ello rediseño C, ampliando sus posibilidades pero manteniendo su mayor cualidad, la de permitir al programador en todo momento tener controlado lo que está haciendo, consiguiendo así una mayor rapidez que no se conseguiría en otros lenguajes. En C, la unidad de programación es la función, es decir, se basa en una programación orientada a la acción, mientras que en C++ la unidad de programación es la clase, a partir de la cual los objetos son producidos. De tal manera, C++ es una programación orientada a objetos.

En la actualidad, el C++ es un lenguaje versátil, potente y general. Su éxito entre los programadores profesionales le ha llevado a ocupar el primer puesto como herramienta de desarrollo de aplicaciones. El C++ mantiene las ventajas del C en cuanto a riqueza de operadores y expresiones, flexibilidad, concisión y eficiencia. Además, ha eliminado algunas de las dificultades y limitaciones del C original. La evolución de C++ ha continuado con la aparición de Java, un lenguaje creado simplificando algunas cosas de C++ y añadiendo otras, que se utiliza para realizar aplicaciones en Internet. (Ceballos, 2001)

II.12.1.1.- GNU C++

G++ es el alias tradicional de GNU C++, un conjunto de compiladores de C++ estándar para los sistemas operativos derivados de UNIX, y es un compilador de línea de órdenes, el cual normalmente opera a través de la línea de comandos, que compila y enlaza programas en C++, generando el correspondiente archivo ejecutable. G++ forma parte del GCC, GNU Compiler Collection (colección de compiladores GNU).

II.12.2.- Java

Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos y basado en clases que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. Fue la primera plataforma informática creada por Sun Microsystems en 1995. Java, es la tecnología subyacente que permite el uso de programas punteros, como herramientas, juegos y aplicaciones de negocios.

Su sintaxis deriva mucho de C y C++, pero tiene menos facilidades de bajo nivel que cualquiera de ellos. Su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo (conocido en inglés como WORA, o "*write once, run anywhere*"), lo que quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra. Java se ejecuta en más de 850 millones de ordenadores personales de todo el mundo y en miles de millones de dispositivos, como dispositivos móviles y aparatos de televisión. (Heitel & Deitel , 2004)

II.12.2.1.- NetBeans

NetBeans IDE es un entorno de desarrollo integrado (IDE), modular, de base estándar (normalizado), gratuito y sin restricciones de uso, el cual está escrito en el lenguaje de programación Java, pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación (PHP, Python, C/C++, Ruby y Groovy). Sun MicroSystems fundó el

proyecto de código abierto NetBeans en junio 2000 y continúa siendo el patrocinador principal de los proyectos. NetBeans consiste en un IDE de código abierto y una plataforma de aplicación, las cuales pueden ser usadas como una estructura de soporte general (*framework*) para compilar cualquier tipo de aplicación. (Funes, 2009)

NetBeans hace fuerte hincapié sobre la construcción del software de forma modular, módulo sobre módulo, y es ahí precisamente donde mayor provecho se saca de esta plataforma, ya que ofrece implementados los mecanismos de descubrimiento de nuevos módulos (y de actualizaciones de los existentes) desde repositorios remotos, resolución de dependencias, activación/desactivación de módulos en caliente, comunicación entre los mismos, etc., lo que le permite al programador preocuparse por la lógica y rápidamente desplegar sus aplicaciones, pudiendo ir extendiendo su funcionalidad a medida que pasa el tiempo. Una gran ventaja de la construcción modular es que se puede crear una aplicación conformada por X cantidad de módulos diferentes, cada uno responsable de llevar a cabo determinadas responsabilidades, y según el rol de la persona que la va a utilizar solo se carga en la aplicación los módulos que permiten cumplir con su tarea, permitiendo así tener un abanico de aplicaciones sin tener que programar una sola línea de código adicional.

II.12.3.- PHP

PHP (acrónimo de PHP: *Hipertext Preprocesor*) es un lenguaje interpretado de alto nivel embebido en páginas HTML, de programación del lado del servidor, gratuito e independiente de plataforma, rápido, con una gran librería de funciones y mucha documentación, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas.

Un lenguaje del lado del servidor es aquel que se ejecuta en el servidor web, justo antes de que se envíe la página a través de Internet al cliente. Las páginas que se ejecutan en el servidor pueden realizar accesos a bases de datos, conexiones en red, y otras tareas para crear la página final que verá el cliente. El cliente solamente recibe una página con el código HTML resultante de la ejecución de la PHP. Como la

página resultante contiene únicamente código HTML, es compatible con todos los navegadores.

PHP inicio como una modificación a Perl escrita por Rasmus Lerdorf a finales de 1994. La mayor parte de su sintaxis es similar a C, Java y Perl, y es fácil de aprender. También, posee soporte para un amplio abanico a numerosas bases de datos, incluyendo MySQL, Oracle, ODBC, etc., y puede ser ejecutado en la mayoría de los sistemas operativos (Windows, Mac OS, Linux, Unix).

PHP puede hacer cualquier cosa que se pueda hacer con un script CGI, como procesar la información de formularios, generar páginas con contenidos dinámicos, ó enviar y recibir cookies. Y esto no es todo, se puede hacer mucho más. Existen tres campos en los que se usan scripts escritos en PHP.

- Scripts del lado del servidor. Este es el campo más tradicional y el principal foco de trabajo. Se necesitan tres cosas para que esto funcione. El intérprete PHP (CGI o módulo), un servidor web y un navegador. Es necesario correr el servidor web con PHP instalado. El resultado del programa PHP se puede obtener a través del navegador, conectándose con el servidor web.
- Scripts en la línea de comandos. Se puede crear un script PHP y correrlo sin ningún servidor web o navegador. Solamente se necesita el intérprete PHP para usarlo de esta manera. Este tipo de uso es ideal para scripts ejecutados regularmente desde cron (en Unix ó Linux). Estos scripts también pueden ser usados para tareas simples de procesamiento de texto.
- Escribir aplicaciones de interfaz gráfica. Probablemente PHP no sea el lenguaje más apropiado para escribir aplicaciones gráficas, pero si se conoce bien PHP, y se quisieran utilizar algunas características avanzadas en programas clientes, se puede utilizar PHP-GTK para escribir dichos programas. También es posible escribir aplicaciones independientes de una plataforma. PHP-GTK es una extensión de PHP, no disponible en la

distribución principal, ni tampoco en la distribución para PDAs con Linux Integrado. (PHP Group, 2013)

II.12.3.1- DreamWeaver

Adobe DreamWeaver es una aplicación en forma de estudio (basada en la forma de Adobe Flash) enfocada a la construcción y edición de sitios y aplicaciones Web basadas en estándares. Creado inicialmente por Macromedia (actualmente producido por Adobe Systems). DreamWeaver ha tenido un gran éxito desde finales de los años 1990 y es el programa de este tipo más utilizado en el sector del diseño y la programación web (actualmente mantiene el 90% del mercado de editores HTML), por sus funcionalidades, su integración con otras herramientas como Adobe Flash y, recientemente, por su soporte de los estándares del World Wide Web Consortium.

La gran ventaja de este editor sobre otros es su gran poder de ampliación y personalización del mismo, puesto que en este programa, sus rutinas (como la de insertar un hipervínculo, una imagen o añadir un comportamiento) están hechas en JavaScript-C, lo que le ofrece una gran flexibilidad en estas materias. Esta aplicación está disponible tanto para la plataforma MAC como para Windows, aunque también se puede ejecutar en plataformas basadas en UNIX.

II.13.- Bases de Datos

II.13.1.- Definición

El término de bases de datos fue escuchado por primera vez en 1963, en un simposio celebrado en California, USA. Una base de datos se puede definir como un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada. Desde el punto de vista de la informática, la base de datos es un sistema formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos.

Existen programas denominados sistemas gestores de bases de datos, abreviados SGBD, que permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada. Las propiedades de estos SGBD, así como su utilización y administración, se estudian dentro del ámbito de la informática.

Las aplicaciones más usuales son para la gestión de empresas e instituciones públicas. También son ampliamente utilizadas en entornos científicos con el objeto de almacenar la información experimental.

Las características principales de una Base de Datos son:

- Independencia lógica y física de los datos.
- Redundancia mínima.
- Acceso concurrente por parte de múltiples usuarios.
- Integridad de los datos.
- Consultas complejas optimizadas.
- Seguridad de acceso y auditoría.
- Respaldo y recuperación.
- Acceso a través de lenguajes de programación estándar.

II.13.2.- Tipos de bases de datos

Entre los diferentes tipos de base de datos podemos encontrar:

- **MySQL:** es una base de datos con licencia GPL basada en un servidor. Se caracteriza por su rapidez. No es recomendable usar para grandes volúmenes de datos.
- **PostgreSql y Oracle:** Son sistemas de base de datos poderosos. Administra muy bien grandes cantidades de datos, y suelen ser utilizadas en intranets y sistemas de gran calibre.

- **Access:** Es una base de datos desarrollada por Microsoft y debe ser creada bajo el programa Access..
- **Microsoft SQL Server:** es una base de datos más potente que access desarrollada por Microsoft. Se utiliza para manejar grandes volúmenes de informaciones.

A continuación, en la figura 10 se presenta la estructura de una base de datos de tipo MySQL, en la que se puede observar, cada uno de sus campos y tablas correspondientes que la conforman.

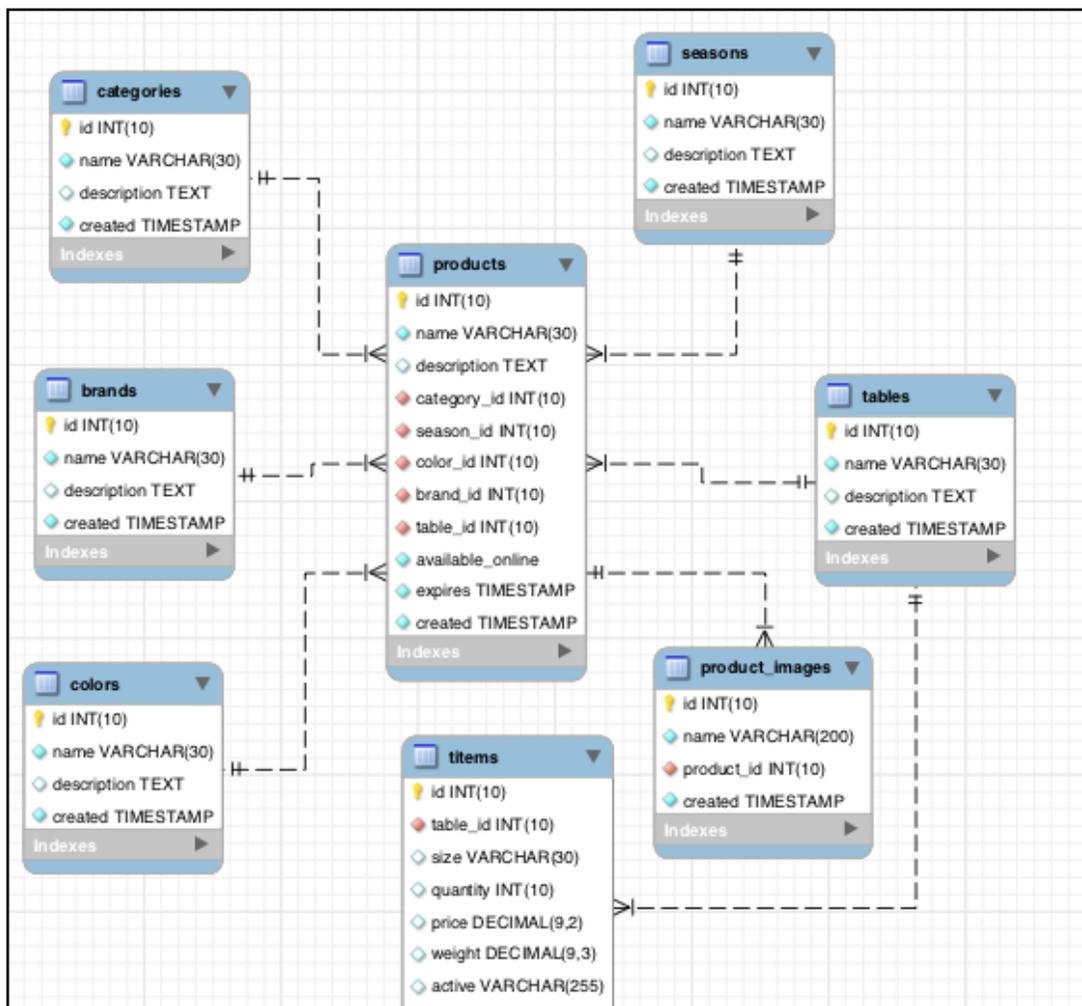


Figura 10: Estructura de una base de datos en MySQL.

Fuente: www.culturacion.com

Capítulo III. Metodología

Para llevar a cabo el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo propuesto en el presente Trabajo Especial de Grado, y así mismo culminar con éxito los objetivos propuestos, fue necesario plantear una metodología de trabajo, la cual se divide en 3 fases fundamentales, tal y como se muestra en la siguiente figura:

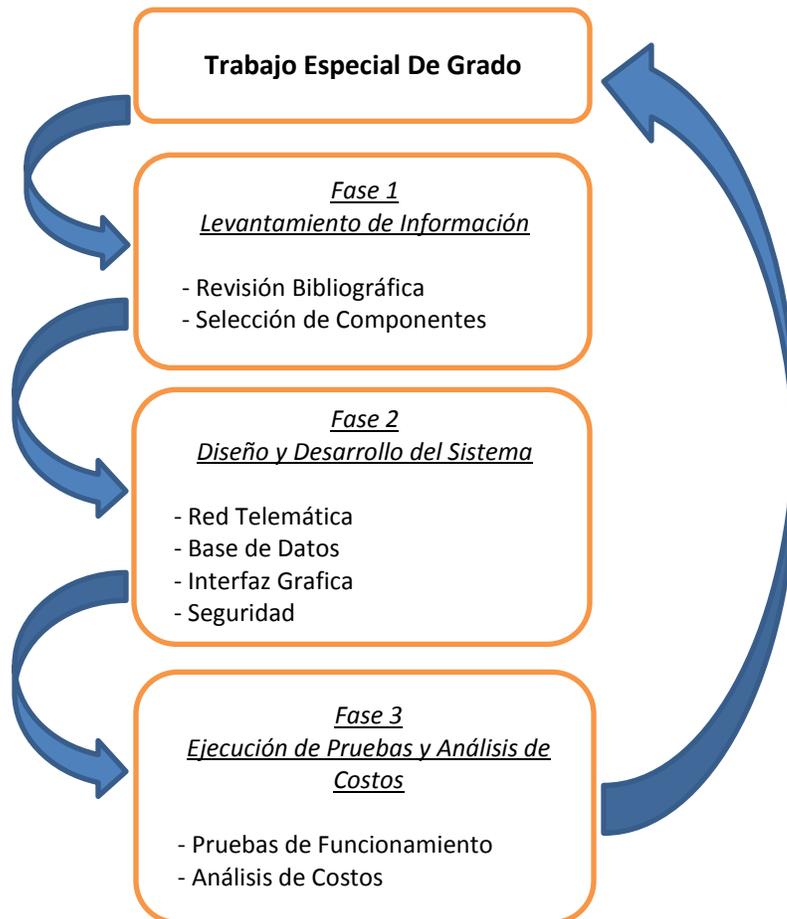


Figura 11: Fases de la Metodología

Fuente: Elaboración Propia

III.1.- Fase 1: Levantamiento de Información

En esta fase, inicialmente se procedió a realizar una investigación de aquellos temas e información necesaria para la correcta comprensión del problema a tratar, así como también obtener las herramientas adecuadas para el diseño y desarrollo del sistema. También se realizó una búsqueda de dispositivos existentes en el mercado que permitan satisfacer las exigencias del proyecto. A continuación, se describen las diferentes actividades que se realizaron durante esta primera fase:

Inicialmente se procedió a recaudar información relacionada con los deportes: su historia, importancia, clasificación de las diferentes disciplinas del deporte, impacto del deporte en la sociedad, entre otros puntos. Posteriormente, se realizó una investigación acerca de las revisiones médicas deportivas: en qué consisten, su importancia para el buen desempeño del atleta y prevención de posibles futuras lesiones y/o enfermedades, que son los signos vitales, con qué instrumentos se miden, etc.

Una vez definidos los posibles parámetros físicos que se desean evaluar, se procedió a realizar una búsqueda de aquellos dispositivos existentes en el mercado que permitan el desarrollo de sistemas y aplicaciones destinados al monitoreo y visualización de signos vitales. En esta investigación se tomaron en cuenta las características y capacidades de éstos dispositivos y sirvió como base para la selección del dispositivo más adecuado a las características del proyecto. Dicho dispositivo seleccionado fue la placa de bajo coste Raspberry Pi Modelo B y la e-Health Sensor Shield V2.0, la cual es una placa diseñada para las placas de tamaño reducido Arduino y Raspberry Pi, y está destinada al desarrollo de aplicaciones biométricas y médicas en las que se necesita monitorear el desempeño del cuerpo humano a través de la utilización de 10 sensores médicos diferentes, de los cuales se escogieron dos de ellos (Termómetro y Electrocardiograma) para la implementación del sistema y realización de las pruebas piloto.

Teniendo ya seleccionado el dispositivo a utilizar, se procedió a realizar una búsqueda de información de todos aquellos tópicos relacionados con sistemas de información como lo son medios y tecnologías de transmisión de datos, bases de datos, arquitecturas de redes telemáticas y cuáles son las herramientas y/o programas existentes más adecuados para la elaboración de la interfaz gráfica del sistema de monitoreo.

III.2.- Fase 2: Diseño y desarrollo del sistema

En esta fase se procedió a realizar el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo a implementar, gracias a la selección de *hardware* y conocimientos adquiridos durante la fase 1. A continuación se describen las actividades realizadas durante esta segunda fase:

En primer lugar se realizó un esquema general del diseño deseado con el propósito de determinar los elementos y tecnologías a usar en el desarrollo del sistema. Seguidamente, se procedió a la elaboración del diseño de una red telemática WLAN de tipo infraestructura jerárquico, la cual sirvió para obtener un modelo de operación para el sistema de monitoreo.

Además se seleccionó un método para conectar la Unidad de Monitoreo (Raspberry Pi + e-Health Sensor Shield v2.0) a la red telemática anteriormente diseñada, lo cual se realizó bajo el mecanismo de conexión inalámbrica Wifi.

Luego se procedió a preparar y a configurar esta Unidad de Monitoreo, así como también desarrollar el programa encargado de obtener la data monitoreada (signos vitales), el cual se desarrolló en el lenguaje C++, debido a que la placa e-Health Sensor Shield v.2.0, únicamente realiza lecturas de parámetros médicos mediante este lenguaje de programación.

También, para transmitir la información entre el dispositivo de monitoreo y el servidor, se procedió a desarrollar un socket TCP/IP bajo el lenguaje de programación

Java, el cual, además de cumplir con los propósitos de transmisión y recepción de información, permite extraer valores de interés dentro de la data monitoreada (como por ejemplo, valores críticos de temperatura o de actividad eléctrica del corazón) y almacenarlos en una base de datos desarrollada en bajo el sistema de gestión de bases de datos MySQL, para posibles análisis posteriores por parte del personal médico.

Para que el cliente (en este caso, el personal médico) pueda visualizar la data monitoreada de manera remota, bajo una interfaz gráfica agradable y de fácil acceso, se procedió a diseñar y construir una página web mediante el software DreamWeaver, en la cual el personal médico puede observar los signos vitales que están siendo monitoreados en el paciente y así mismo, poder acceder a los valores críticos almacenados en la base de datos. Para la realización de las pruebas de funcionamiento de la página web, se instaló en el servidor la herramienta Xampp, la cual permite acceder a cualquier dispositivo dentro de una red local a la página web previamente desarrollada.

Además, durante el desarrollo de esta fase, se consideraron posibles mecanismos que garanticen la íntegra seguridad de los datos del atleta, así como también la invulnerabilidad del sistema en general.

III.3.- Fase 3: Pruebas de funcionamiento y análisis de costos:

En esta última fase del proyecto se procedió a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema de monitoreo con la finalidad de corroborar el buen funcionamiento, detectar las posibles fallas que puedan surgir y presentar soluciones. Estas pruebas se realizaron en un ambiente no clínico en las instalaciones de la Universidad Católica Andrés Bello. Luego haber realizado dichas pruebas, se procedió a analizar los resultados obtenidos y a realizar un presupuesto que incluya los costos de todos los elementos presentes en el sistema de monitoreo y determinar la factibilidad económica de dicha implementación.

Capítulo IV. Desarrollo

En el siguiente capítulo, se podrá encontrar de manera detallada cada una de las actividades que se realizaron durante el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, las cuales permiten cumplir con los objetivos planteados del proyecto. Dichas actividades, están divididas en 3 fases, las cuales fueron expuestas anteriormente en el Capítulo III.

IV.1.- Fase 1: Levantamiento de Información

IV.1.1.- Revisión Bibliográfica

Con la finalidad de obtener una base de conocimientos teóricos necesarios para poder realizar correctamente el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo planteado, se realizó una investigación bibliográfica de temas de diversa índole, la cual puede analizarse en el Capítulo II de este Trabajo Especial de Grado. Dicha investigación se realizó a través de la consulta de libros, manuales e instructivos, páginas webs, artículos y publicaciones electrónicas, entre otros.

IV.1.2.- Selección de componentes:

Luego de haber obtenido suficiente información teórica para el diseño del sistema, se procedió a realizar una búsqueda referente a los diversos dispositivos y tecnologías existentes en el mercado, que cumplan con las condiciones y exigencias adecuadas para el diseño del sistema.

Inicialmente, se procedió a determinar un dispositivo que permitiera la lectura de múltiples parámetros médicos del atleta, como lo son: temperatura, presión arterial, actividad eléctrica del corazón, actividad eléctrica de los músculos, flujo de aire respiratorio, entre otros. Además, el dispositivo debe cumplir con ciertas características funcionales y físicas como lo son:

- Soportar lectura de múltiples parámetros médicos.

- Tamaño reducido y peso ligero.
- Bajo consumo de energía.
- Capacidad de conexión a redes inalámbricas.
- Escalabilidad en cuanto al desarrollo de múltiples aplicaciones destinadas al dispositivo.
- Manejo sencillo para el personal médico.
- Ser seguro.

Dicha búsqueda resultó ser complicada, puesto que no existen muchos dispositivos de monitoreo en el mercado que cumplan con las condiciones anteriormente expuestas, debido a que la mayoría de los dispositivos de monitoreo existentes son productos ya elaborados y destinados a una funcionalidad específica, por lo que no permiten escalabilidad en el desarrollo de diferentes aplicaciones y proyectos destinados al monitoreo.

A pesar de ello, fue posible localizar 2 tarjetas multiparamétricas que cumplen con las necesidades funcionales del proyecto las cuales son:

- e-Health Sensor Shield V.2.0 para Arduino y Raspberry Pi
- Módulo multiparamétrico Goldwei modelo MGW830 6-en-1

Sin embargo, por razones de escalabilidad, tamaño, peso, disponibilidad, y cantidad de parámetros que leen ambas placas, se descarta el módulo multiparamétrico Goldwei modelo MGW630 6-en-1 (tamaño: 120mm x100mm x 25mm, peso: 300g sin accesorios, cantidad de parámetros a leer: 6), a diferencia de la e-Health Sensor Shield V2.0 (tamaño: 69mm x 54mm x 24mm, peso: 40g sin accesorios, cantidad de parámetros a leer: 10). Dicho gran tamaño y peso considerable presente en la Goldwei modelo MGW830, no la hace adecuada para las

implementaciones propuestas en el presente proyecto, las cuales serán detalladas más adelante, por lo que en definitiva, la placa seleccionada fue la e-Health Sensor Shield V2.0.

La e-Health Sensor Shield V2.0 es una plataforma de monitorización médica abierta que permite a los usuarios de las plataformas Arduino y Raspberry Pi realizar aplicaciones biométricas y de vigilancia médica del cuerpo mediante el uso de 10 sensores diferentes: pulso, oxígeno en la sangre (SpO2), flujo de aire respiratorio, temperatura corporal, electrocardiograma (ECG), glucómetro, respuesta galvánica de la piel (GSR - sudoración), presión arterial (esfigmomanómetro), posición del paciente (acelerómetro) y el sensor de músculos (EMG).



Figura 12: e-Health Sensor Shield V2.0

Fuente: www.cooking-hacks.com

Respecto al tema de seguridad, esta plataforma incluye varios niveles de seguridad:

- En la capa de enlace de comunicación: AES 128 para 802.14.5 / ZigBee y WPA2 para Wifi.

- En la capa de aplicación: mediante el protocolo HTTPS se asegura un túnel de seguridad punto a punto entre cada nodo sensor y el servidor web (este es el mismo método que se utiliza en las transferencias bancarias).

La información médica obtenida a través de estos sensores se puede enviar inalámbricamente mediante el uso de tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, entre otros.

Dicha placa seleccionada, no funciona de manera autónoma, sino que como anteriormente mencionamos, está diseñada para funcionar en conjunto con una placa de tamaño reducido (SBC) a seleccionar. Estas placas son:

- Arduino Uno
- Raspberry Pi Modelo B

Para seleccionar de manera eficiente una de estas 2 placas, en relación a las necesidades de nuestro proyecto, se realizó un análisis comparativo entre las características principales de estos 2 productos, el cual puede ser reflejado en la siguiente tabla:

| Atributo | Arduino | Raspberry Pi |
|---------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| Procesador | ATMega328 | AM33x |
| Velocidad | 16Mhz | 700Mhz (Hasta 1Ghz) |
| Memoria RAM | 2kb | 512Mb |
| Memoria ROM | 32Kbyte | SD |
| USB | N/A | 2 x 2.0 |
| Ethernet | N/A | 10/100 |
| Wifi | N/A | Adaptador USB |
| Audio | N/A | HDMI/Conector de 3.5mm |
| Video | N/A | HDMI/RCA |
| Sistema Operativo | N/A | Linux, RISC OS |
| Puertos Digitales | 14 | 8 |
| Puertos Analógicos | 6 | N/A |
| Lenguajes de Programación | C++ (basado en Wiring) | C,C++, Python, Java y posiblemente Basic |
| Precio | 29,95 \$ | 35 \$ |

Tabla 4: Diferencias entre Arduino Uno y Raspberry Pi Modelo B.

Fuente: Elaboración Propia

Como se pudo observar mediante la tabla anteriormente expuesta, la placa de bajo coste Raspberry Pi Modelo B, tiene un rendimiento muy superior al de la placa Arduino Uno, por tan solo una diferencia poco considerable de costo, lo que hace a la Raspberry Pi la placa más óptima para el desarrollo de nuestro sistema de monitoreo, permitiendo una mayor escalabilidad en el diseño y ofreciendo un mayor rendimiento.

Sin embargo, a diferencia del Arduino, la Raspberry Pi no se puede conectar directamente de la e-Health Sensor Shield V2.0, si no que necesita de una tarjeta denominada “Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge”, desarrollada por el grupo de desarrollo de hardware libre de la compañía Libelium, permite el uso de cualquiera de los *shields*, placas y módulos diseñados para Arduino en Raspberry Pi. Además, también incluye la posibilidad de conectar sensores analógicos y digitales, utilizando el mismo *pinout* de Arduino pero con el poder y la capacidad de Raspberry.

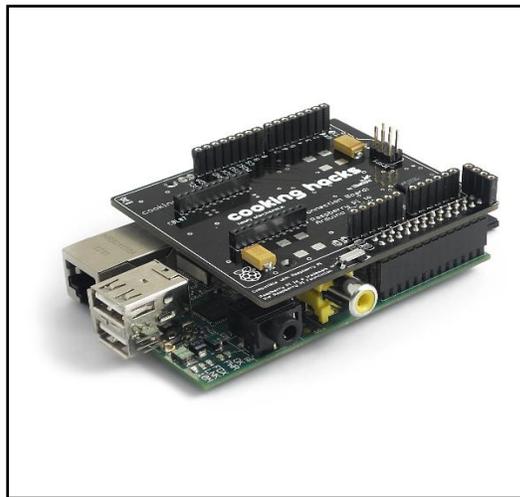


Figura 13: Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge sobre una Placa Raspberry Pi.

Fuente: <http://www.cooking-hacks.com>

IV.2.- Fase 2: Diseño y Desarrollo

IV.2.1.- Esquema de la estructura básica del sistema:

Para obtener una mayor organización y desarrollar de un modo más óptimo el diseño del sistema de monitoreo inalámbrico se procedió a elaborar un esquema básico con la estructura deseada, en el cual se lograron identificar aquellos elementos primordiales que en conjunto, darán vida y funcionamiento al sistema, el cual puede ser observado en la figura 14:

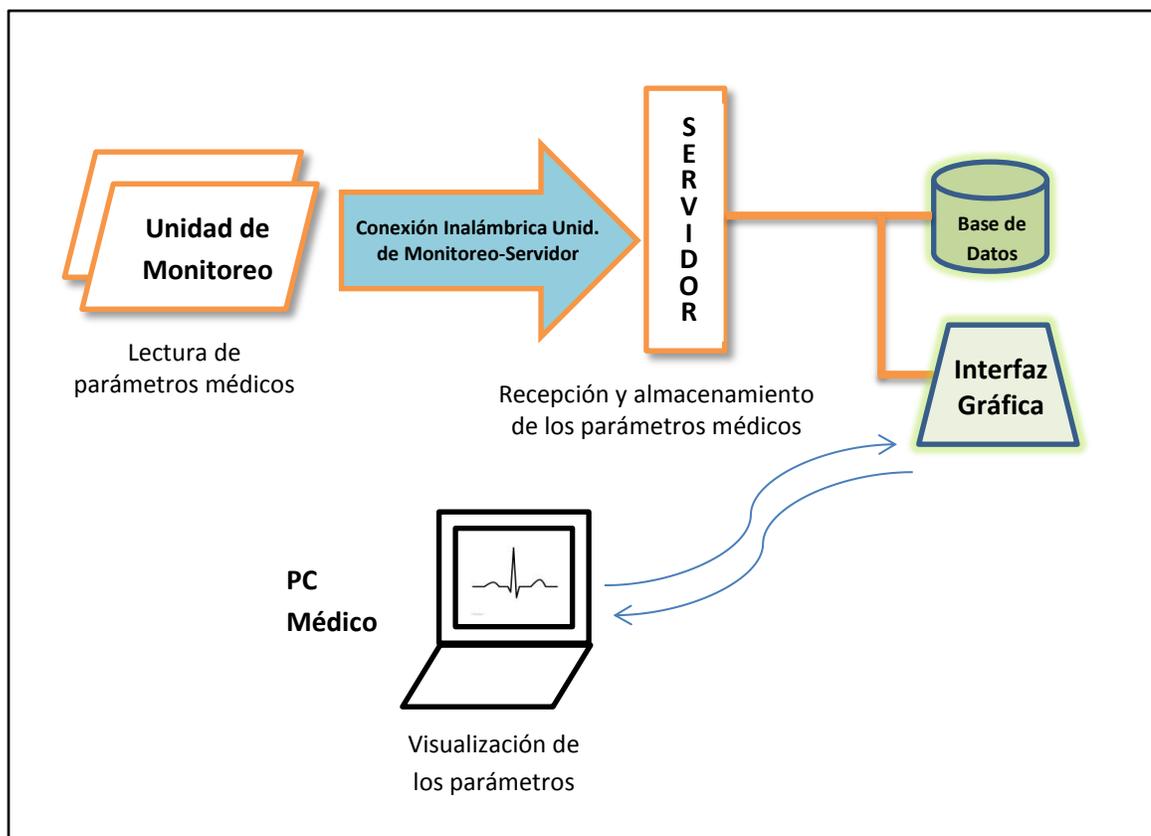


Figura 14: Esquema básico del sistema de monitoreo Inalámbrico

Fuente: Elaboración Propia

Gracias a este esquema, se logró identificar de manera correcta los elementos más importantes del sistema. Entre ellos tenemos:

- Una unidad de monitoreo: este dispositivo, el cual se considera el más importante del sistema, es el encargado de leer y capturar los parámetros médicos en el atleta, el cual está conformado por diferentes elementos tanto de *software* como de *hardware*, y debe ser capaz de transmitir de manera inalámbrica toda la información recolectada en el atleta hacia el servidor.
- Un servidor: elemento el cual tendrá la funcionalidad de recibir la información leída por la unidad de monitoreo, procesarla, almacenarla y finalmente ofrecer un servicio mediante el cual el personal médico pueda visualizar de manera eficaz y agradable los signos vitales del atleta.
- Conexión Inalámbrica Unidad de Monitoreo - Servidor: se refiere los métodos y tecnologías inalámbricas aplicadas para transmitir de manera correcta y segura, la información recolectada por la unidad de monitoreo.

IV.2.2.- Diseño de la red telemática

Cuando se desea implementar una red, es de suma importancia llevar a cabo una buena planificación y un buen diseño de su topología antes de realizar la adquisición de los equipos e invertir capital en su desarrollo. Esto permite determinar con exactitud y de manera óptima el modelo estructural y operativo de la red en cuestión. Además, en muchos casos evita la adquisición de equipos no necesarios que representan para la compañía o para la persona, pérdidas monetarias sustanciales e innecesarias.

Por medio de la investigación que se realizó referente a redes, tecnologías y topologías inalámbricas se podrá diseñar una topología de red inalámbrica genérica, adaptada a las necesidades del proyecto en desarrollo.

De los tipos de red inalámbricas basados en su área de cobertura, el modelo de red seleccionado fue WLAN, ya que este tipo de redes permite cubrir medianas distancias de cobertura tanto en interiores como exteriores, a diferencia de las WPAN que tienen un alcance muy reducido (10 m) o por el contrario de una WWAN o WMAN, las cuales están diseñadas para cubrir extensas zonas de área geográfica.

Una vez hecho esto, también se consideraron las diferentes tecnologías inalámbricas posibles a implementar en la red telemática, de las cuales se seleccionó como mecanismo de conexión Wi-Fi. Este a diferencia de otras tecnologías, como por ejemplo el infrarrojo, no necesita de una línea de visión directa para poder establecer comunicación. Por otra parte, Wi-Fi ofrece el alcance de cobertura adecuado a la red WLAN seleccionada (10-100m) y velocidades de transmisión de hasta 300 Mbps, teniendo un alcance y velocidad superior a las del Bluetooth y ZigBee. Por otra parte, la tecnología WIMAX no se adapta al diseño del presente proyecto, puesto que esta tecnología está orientada a redes de área metropolitana o extensas zonas geográficas.

También, el modo de operación que se seleccionó para la red inalámbrica fue el modo infraestructura jerárquica, puesto que este es el modo más implementado en redes actuales de tipo WLAN que utilicen como mecanismo de conexión inalámbrica el estándar 802.11 o mejor conocido como Wi-Fi. A diferencia de este modo de operación, el modo Ad Hoc es normalmente utilizado en redes inalámbricas en donde es necesario brindarle conexión a hosts o dispositivos que se encuentren en lugares remotos, fuera del radio de cobertura de una estación radiobase o elemento controlador, por lo cual, este modo de operación no es el más adecuado a las necesidades del presente proyecto. Para proteger y preservar la integridad de la red planteada se consideró como método de seguridad el sistema de encriptación y autenticación WPA, el cual es compatible con una amplia gama de productos en el mercado.

Para la implementación de esta red telemática se consideró la utilización de ciertos equipos, los cuales cumplen con especificaciones técnicas y operacionales

óptimas para el funcionamiento del sistema planteado. Sin embargo, se puede considerar implementar equipos de diferentes marcas o modelos con características similares a los propuestos en el diseño. Estos equipos a implementar son:

- **Servidor en torre Dell PowerEdge T110 II:** Intel® Core™ Processor i3-2120, 2C/4T, 3.30GHz, 3M de memoria cache, memoria RAM de 4 GB, capacidad de almacenamiento interno 500 GB y chasis de tipo torre.
- **Switch TP-Link TL-SG1008D 8 Puertos Gigabit:** el cual cuenta con 8 puertos RJ45 con autonegociación a 10/100/1000 Mbps, soporta autoaprendizaje y auto-actualización de la dirección MAC y soporta el control de flujo de las normas IEEE802.3X.
- **D-Link Unified Wireless N PoE Access Point DWL-3600AP:** punto de acceso para interiores, compatible con todos los dispositivos inalámbricos 802.11 b/g/n, permite extender de manera conveniente la cobertura y mejorar la potencia de la señal de una red con velocidades 802.11n inalámbricas de 300Mbps, bajo diseño y tamaño discreto.
- **D-Link Wireless N Dual-Band PoE Outdoor Access Point DAP-3520:** se recomienda la utilización de este Access Point en caso tal de que el área destinada al entrenamiento del atleta sea en exteriores. Este dispositivo es compatible con todos los dispositivos inalámbricos IEEE 802.11a/b/g 2,4GHz y IEEE 802.11a/n 5GHz. Puede alcanzar una velocidad máxima de hasta 300 Mbps.

El direccionamiento de la red se realizó tomando como escenario de que el centro de entrenamiento deportivo cuente con unas 30 Unidades de Monitoreo, y además otros 50 equipos conectados a la red incluyendo el Servidor, *Switchs*, *Laptops*, *Smartphones*, *Tablets*, y otros. Partiendo de esto, se seleccionó una dirección de red privada de clase C con 7 bits de usuario y 25 bits de red. Los detalles de este direccionamiento se pueden observar en el Anexo G “Direccionamiento de la red”.

A continuación, se presenta en la siguiente figura la topología de red genérica diseñada, tomando en consideración todos los aspectos de la red anteriormente expuestos.

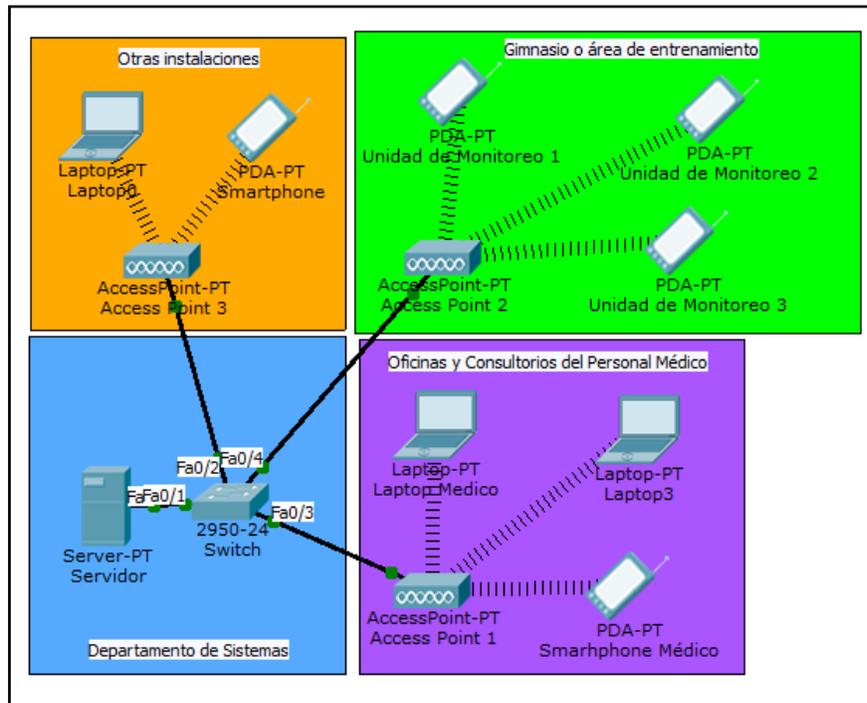


Figura 15: Topología de red genérica del sistema de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.3.- Diseño y Desarrollo de los elementos del sistema

IV.2.3.1.- La Unidad de Monitoreo

La unidad de monitoreo es definida como el dispositivo conformado por conjunto de elementos tanto de hardware como de software de vanguardia, destinados únicamente a la lectura de los parámetros médicos del atleta y posteriormente la transmisión inalámbrica de dichos datos. A continuación, se describe detalladamente la estructura de este dispositivo:

Hardware: La estructura a nivel de hardware de la unidad de monitoreo está compuesta básicamente por 9 componentes físicos, los cuales fueron seleccionados minuciosamente durante la fase 1 del proyecto. Dichos elementos son:

- Una Raspberry Pi Modelo B.
- e-Health Sensor Shield V2.0
- Sensor de Temperatura Corporal
- Sensor de ECG
- Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge
- Tarjeta de almacenamiento SD – 8GB
- Adaptador USB Wi-Fi
- Adaptador de Voltaje para Raspberry Pi (Cargador micro USB)
- Cargador portátil Sony CP-ELS 2000 mAh

Software: en este aspecto, la Unidad de Monitoreo consta de 3 aplicaciones, diseñadas y desarrolladas con las herramientas y lenguajes de programación adecuados, tomando en cuenta las necesidades de funcionamiento del dispositivo. Estas aplicaciones permiten a la Unidad de Monitoreo cumplir satisfactoriamente con las siguientes tareas:

- Lectura eficaz de los parámetros médicos.
- Capacidad de selección de múltiples usuarios (hasta 3 atletas en el caso de para las pruebas piloto).
- Conectividad y transmisión Inalámbrica de la información hacia el Servidor.

Con la estructura física de la Unidad de Monitoreo ya definida, se prosiguió a realizar toda la configuración correspondiente a cada uno de sus elementos. Para ello se realizaron los siguientes pasos:

IV.2.3.1.1.-Formateo de la tarjeta SD

Normalmente, las tarjetas SD que vienen junto a la Raspberry Pi, están precargadas con un sistema operativo basado en Linux y diseñado especialmente para la placa denominado “Raspbianwheezy”. Estas tarjetas SD no cuentan con la versión más actualizada de dicho sistema operativo. Además, estos sistemas operativos pueden venir con archivos corruptos.

Con la finalidad poder contar con la versión más actualizada y segura del sistema operativo deseado, se procedió a formatear la tarjeta SD, para lo cual, se utilizó la herramienta gratuita SDFormatter V4.0, que permite borrar de manera segura el contenido de la tarjeta SD.

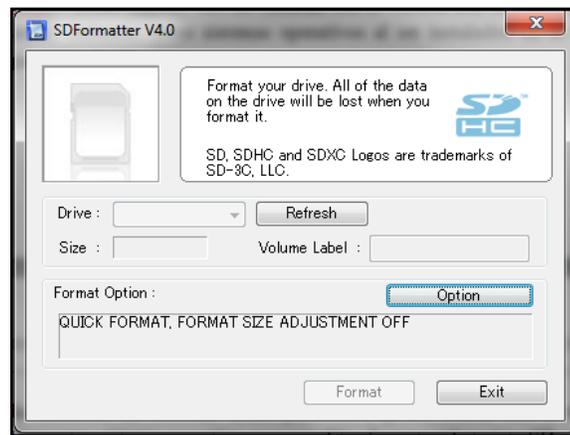


Figura 16: SDFormatter V4.0

Fuente: Elaboración propia

IV.2.3.1.2.- Instalación Sistema Operativo de la Raspberry Pi

Una vez formateada la tarjeta SD, se descargó la última versión del sistema operativo Raspbianwheezy. Este sistema operativo puede ser encontrado en la sección “Downloads” de la página oficial de Raspberry, en la que se podrán encontrar los sistemas operativos más óptimos diseñados para esta placa. Una vez allí, se descargó la imagen que contiene la última versión del Raspbianwheezy tal y como muestra la siguiente figura:

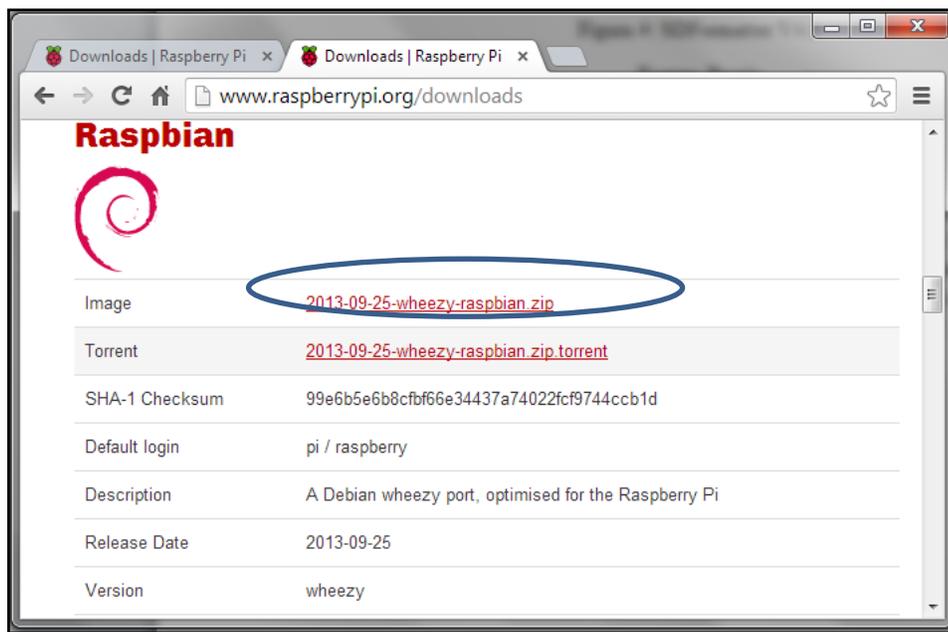


Figura 17: Descarga del sistema operativo Raspbianwheezy

Fuente: Elaboración propia

Una vez descargado en nuestra PC la imagen del sistema operativo, se realizó la instalación del mismo en la tarjeta SD. Para realizar dicha instalación, se utilizó la herramienta Win32 Disk Imager, la cual permite generar la imagen anteriormente descargada en nuestra tarjeta SD.

Al ejecutar dicho programa, se muestra una ventana muy intuitiva en la que solo se debe seleccionar la imagen que fue anteriormente descargada

(Raspbianwheezy) y seguidamente clic en el botón “*write*”. Una vez hecho esto, se recibe en pantalla un mensaje de confirmación de que la imagen ha sido instalada correctamente.

IV.2.3.1.3.-Configuración general de la Raspberry Pi

Con el sistema operativo instalado en la tarjeta SD, se dió paso a realizar el encendido de la Raspberry Pi y ejecutar su configuración básica. Para ello, se conectó a la Raspberry Pi todos los accesorios necesarios: Hub USB, Ratón, Teclado, Adaptador WiFi USB Edimax, Tarjeta SD con Raspbianwheezy, Fuente de Alimentación y respectivamente las tarjetas e-Health Sensor Shield V2.0 y Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge.



Figura 18: Raspberry Pi con todos sus componentes

Fuente: Elaboración propia

Una vez encendida e iniciada por primera vez la Raspberry Pi, se ejecuta de manera de automática el “Raspi-Config”, interfaz que permite realizar la configuración general de la Raspberry Pi. Aquí, se pueden modificar ciertos aspectos

como por ejemplo: Configuración e idioma del teclado, idioma y hora local del sistema, configuración del *overclock*, eliminar la partición de la tarjeta SD, entre otros.

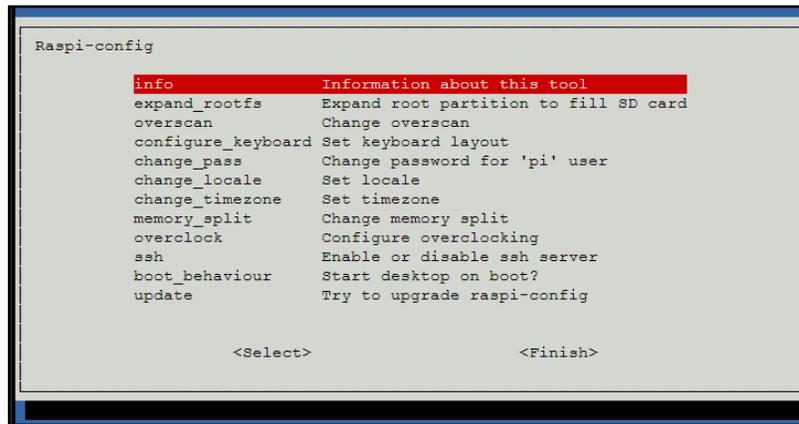


Figura 19: Ventana de configuración de la Raspberry Pi

Fuente: Elaboración propia

En este punto y con la finalidad de configurar adecuadamente la Raspberry Pi a nuestro proyecto, se realizaron los siguientes ajustes:

- Se eliminó la partición de la tarjeta SD que se crea al instalar el sistema operativo.
- Se configuró el teclado y el idioma del sistema en español.
- Se ajustó la zona horaria a (UTC-04:30) Caracas.
- Para garantizar la integridad interna del equipo, se cambió el usuario y password que trae la Raspberry Pi de fábrica para poder garantizar y evitar que personas no deseadas tengan acceso a la Unidad de Monitoreo.
- Se realizó un *overclock* de la Raspberry Pi para obtener una mayor velocidad de funcionamiento del procesador. La misma por defecto está ajustada a los

600Mhz, y en este caso fue modificada para operar a una velocidad de 950Mhz.

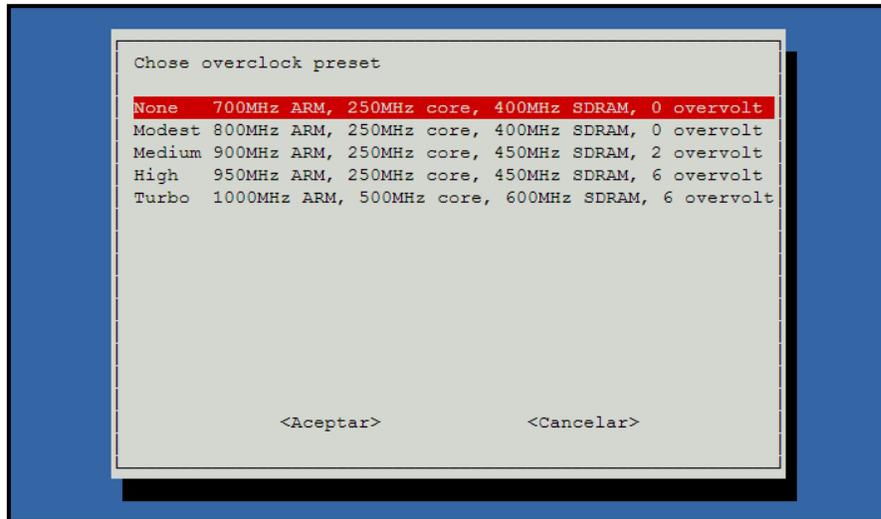


Figura 20: Overclock de la Raspberry Pi

Fuente: Elaboración propia

IV.2.3.1.4.- Configuración del Adaptador WiFi USB Edimax

La versión del sistema operativo Raspbian Wheezy que fue instalada en la Raspberry Pi, trae de manera pre-instalada todos los drivers necesarios para la utilización del Adaptador WiFi USB Edimax EW-7811Un, lo cual simplifica enormemente el proceso de instalación. Sin embargo, para poder conectar la Raspberry Pi a cualquier red de manera inalámbrica mediante la utilización de este adaptador, fue necesaria la realización los siguientes pasos:

1. Una vez conectado el adaptador WiFi USB Edimax en uno de los puertos USB de la Raspberry Pi, se ejecutó en la terminal de la misma el comando *lsub*. Esto se hizo con la finalidad de conocer si la Raspberry efectivamente reconoce el adaptador WiFi.

```
pi@raspberrypi ~ $ lsusb
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
Bus 001 Device 005: ID 0424:9512 Standard Microsystems Corp.
Bus 001 Device 006: ID 0424:ec00 Standard Microsystems Corp.
Bus 001 Device 007: ID 7392:7811 Edimax Technology Co., Ltd EW-7811Un 802.11n Wi
reless Adapter [Realtek RTL8188CUS]
pi@raspberrypi ~ $
```

Figura 21: Reconocimiento del Adaptador Wifi USB Edimax en Raspberry Pi

Fuente: Elaboración propia

2. Posteriormente, se ejecutó el comando *lsmod* para verificar que el módulo Kernel estaba cargado, lo cual se pudo comprobar exitosamente.
3. Para tener la firme certeza de que el adaptador WiFi estaba listo para usarse, se procedió a ejecutar el comando *iwconfig*, el cual muestra en pantalla un listado de la configuración actual de la red inalámbrica, en el cual se muestra que la interfaz de red inalámbrica “wlan0” asociada al adaptador WiFi está disponible. De esta manera se verificó que todo estaba listo para llevar a cabo los últimos pasos de su configuración.

```
The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Sat Oct 20 22:14:18 2012 from devel.savage7.local
pi@squeezepi:~$ iwconfig
lo        no wireless extensions.
wlan0     unassociated Nickname:<WIFI@REALTEK>
          Mode:Auto Frequency=2.412 GHz Access Point: Not-Associated
          Sensitivity:0/0
          Retry:off   RTS thr:off   Fragment thr:off
          Power Management:off
          Link Quality:0  Signal level:0  Noise level:0
          Rx invalid nwid:0  Rx invalid crypt:0  Rx invalid frag:0
          Tx excessive retries:0  Invalid misc:0  Missed beacon:0

eth0     no wireless extensions.
```

Figura 22: Listado de la configuración actual de la red inalámbrica de la Raspberry Pi

Fuente: Elaboración propia

- Como se mencionó anteriormente, es necesario configurar los ajustes de la conexión inalámbrica para conectarse de forma segura a la red inalámbrica. Para ello, se abrió el archivo de configuración de interfaces de red mediante el comando `sudo nano /etc/network/interfaces`. Una vez abierto el archivo, se verificó que las siguientes líneas estuviesen presentes dentro del archivo, o que al menos no estuviesen “comentadas”.

```
auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet manual
wpa-roam /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

Figura 23: Código necesario del archivo de configuración de interfaces de red

Fuente: Elaboración propia

- El siguiente paso consistió crear el archivo de configuración inalámbrica, para lo cual se ejecutó el comando `sudo nano /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf`. Posteriormente, se agregó la información mostrada en la figura 24, donde los campos SSID y PSK corresponden al nombre y clave de acceso de la red inalámbrica a la cual se desea conectar.

```
network={
ssid="red_aagc"
proto=RSN
key_mgmt=WPA-PSK
pairwise=CCMP TKIP
group=CCMP TKIP
psk="12345_aagc"
}
```

Figura 24: Configuración del adaptador WiFi.

Fuente: Elaboración propia

6. Luego configurar todos los archivos correspondientes, se utilizó el comando `sudo ifup wlan0` para restaurar la interfaz y el adaptador inalámbrico. Finalmente, se ejecutó el comando `ifconfig wlan0` y se corroboró que la interfaz wlan0 haya obtenido correctamente una dirección ip.

IV.2.3.1.5.- Las librerías e-Health y arduPi

La e-Health Sensor Shield V2.0 cuenta con una librería de C++ denominada “e-Health library”, la cual permite leer de manera fácil y eficiente todos los sensores conectados a esta placa. Esta librería ofrece un sistema de código abierto de fácil uso.

Sin embargo, anteriormente se mencionó que para que la e-Health Sensor Shield V2.0 pueda operar en conjunto a la Raspberry Pi, fue necesario incluir un módulo denominado “Raspberry Pi to Arduino Shield connection bridge”, el cual permite usar cualquier tarjeta o módulo diseñado para Arduino en la Raspberry Pi.

Con el fin de garantizar la compatibilidad con ambas plataformas, tanto con la plataforma Arduino como con Raspberry Pi, dicho módulo posee una librería denominada arduPi, la cual se puede descargar desde la página oficial de Cooking-Hacks y permite a los desarrolladores usar el mismo código para ambas plataformas. La librería e-Health requiere de la librería arduPi para poder ser utilizada.

Dicho esto, se procedió a descargar ambas librerías de la página anteriormente mencionada. Una vez descargadas, se creó una carpeta llamada *Librerías* dentro del directorio */home/pi/* de la Raspberry, donde fueron descomprimidas ambas librerías. Cabe destacar que es necesario que ambas librerías se encuentren en el mismo directorio. Una vez realizado este paso, se generaron 5 archivos dentro de la carpeta *Librerías* denominados *eHealth.h*, *e-Health.cpp*, *arduPi.h*, *arduPi.cpp* y *arduPi_template.cpp*. Los 4 primeros archivos anteriormente generados corresponden dichamente a las librerías, mientras que el último, *arduPi_template.cpp* es un archivo

que está destinado a ser utilizado como un punto de partida para crear programas para la Raspberry Pi con el mismo comportamiento que un programa de Arduino.

Luego se procedió a realizar la activación del puerto UART, lo cual se realizó mediante los siguientes pasos:

1. Se procedió a abrir un terminal en la Raspberry y se hizo una copia de seguridad del archivo */boot/cmdline.txt*. mediante el comando `sudo cp /boot/cmdline.txt /boot/cmdline_backup.txt`
2. Luego se editó el archivo */boot/cmdline.txt*. Para acceder a él, se ejecutó el comando `sudo vi /boot/cmdline.txt`. Una vez abierto este archivo podemos verificar que en su contenido se encuentra escrito lo siguiente:

```
dwc_otg.lpm_enable = 0 console = ttyAMA0, 115.200 kgdboc
= ttyAMA0, 115200 console = tty1 $
```

3. Se borraron los parámetros que hacen referencia al puerto serie UART (ttyAMA0):

```
dwc_otg.lpm_enable = 0 console = tty1 $
```

4. Posteriormente, se “comentó” siguiente línea en el archivo */etc/inittab*:

```
T0: 23: respawn :/ sbin / getty-L ttyAMA0 115200 vt100
```

5. Por último, se reinició la Raspberry mediante el comando `sudo reboot` para que los cambios realizados anteriormente tomaran efecto.

IV.2.3.1.6.- Calibración del sensor de temperatura:

Como se mencionó en capítulos anteriores de este Trabajo Especial de Grado, se seleccionó un Sensor de Temperatura Corporal para obtener la temperatura del

cuerpo del atleta. Normalmente, la precisión de este sensor es suficiente en la mayoría de las aplicaciones, pero ésta se puede mejorar mediante un proceso de calibración.

Cuando se utiliza el sensor de temperatura, en realidad se está midiendo una tensión, y se relaciona a lo que debería ser la temperatura de operación del sensor. Si se pueden evitar los errores en las mediciones de voltaje, y se representan la relación entre la tensión y la temperatura con mayor precisión, se pueden obtener mejores lecturas de temperatura.

Para llevar a cabo esta calibración, es necesario modificar ciertos valores predefinidos en la librería e-Health, lo cual se realizó de la siguiente manera:

1. Se realizó mediante un multímetro, una medición de los valores de las resistencias Ra, Rb, y Rc. Dichos valores obtenidos fueron los siguientes: Ra=4,63Kohms, Rb=818ohms y Rc=4,70 Khoms. En las siguientes figuras se puede apreciar tanto la ubicación de estas resistencias en la placa e-Health Sensor Shield V2.0, como el proceso de medición realizado.

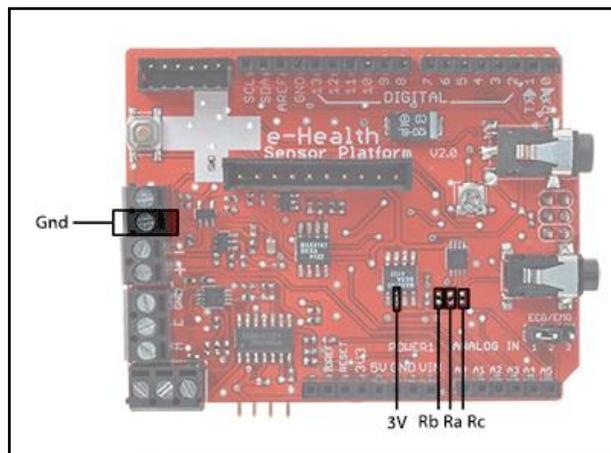


Figura 25: Localización de las resistencias Ra, Rb y Rc en la placa e-Health.

Fuente: <http://www.cooking-hacks.com/>

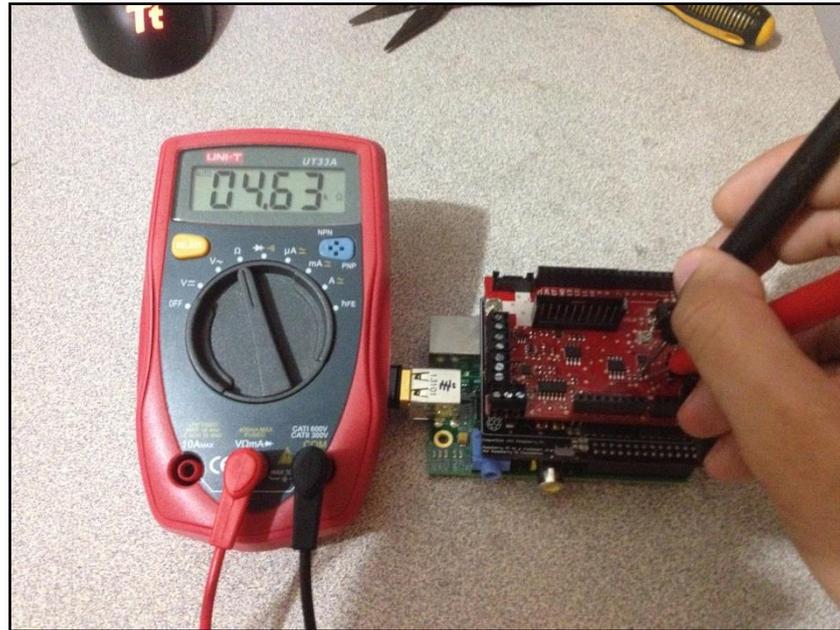


Figura 26: Medición del valor de la resistencia Ra (4,63Kohms)

Fuente: Elaboración propia

2. Una vez obtenidos los valores de las resistencias Ra, Rb y Rc, se procedió a medir el voltaje entre los pines 3V y GND, señalados en la figura 26. Dicho voltaje obtenido fue de 2,988 V.
3. Finalmente, se abrió en la Raspberry Pi el archivo eHealth.cpp, el cual se generó en la carpeta `/home/pi/Librerías` durante la descarga e instalación de las librerías e-Health y arduPi. En dicho archivo se ubicó la función `getTemperature`, en el cual se observaron los valores de Ra, Rb, Rc y `RefTension` (tensión entre los pines 3V y Gnd) definidos por defecto. Estos valores fueron sustituidos por los nuevos valores anteriormente mediante el multímetro.

```
float eHealthClass::getTemperature(void)
{
    //Local variables
    float Temperature; //Corporal Temperature
    float Resistance; //Resistance of sensor.
    float ganancia=5.0;
    float Vcc=5.0;
    float RefTension=3.0; // Voltage Reference of Wheatstone bridge.
    float Ra=4700.0; //Wheats one bridge resistance.
    float Rc=4700.0; //Wheats one bridge resistance.
    float Rb=821.0; //Wheats one bridge resistance.
    int sensorValue = analogRead(3);

    float voltage2=((float)sensorValue*Vcc)/1023; // binary to voltage conversion
```

Figura 27: Valores a modificar en el archivo eHealth.cpp

Fuente: Elaboración propia

IV.2.3.1.7.- Desarrollo de la aplicación destinada a la lectura de los parámetros médicos en el atleta

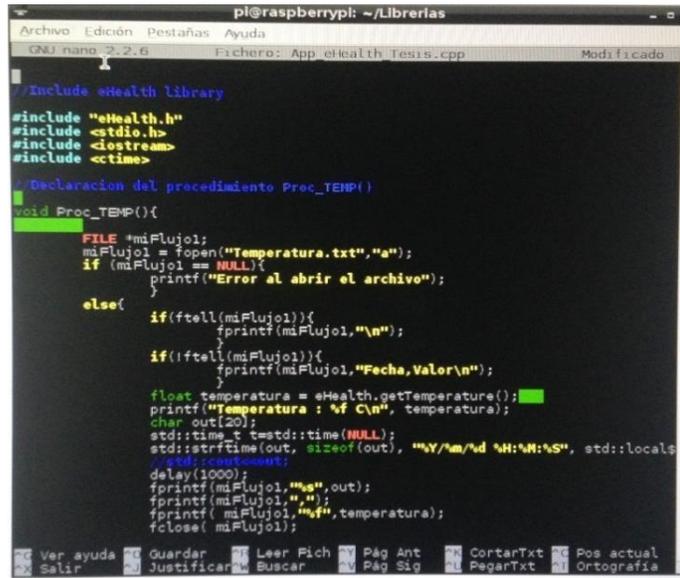
Después de concluir todo el proceso de preparación de la Unidad de Monitoreo, se comenzó a desarrollar la aplicación encargada de leer los parámetros médicos o signos vitales de interés presentes en el atleta mediante dicho unidad.

Esta aplicación debe ser capaz de leer correctamente los valores relacionados con los sensores que se escogieron durante la fase 1, los cuales son Temperatura Corporal y Actividad Eléctrica del corazón (Electrocardiograma).

La aplicación fue realizada bajo el lenguaje de programación C++, debido a que como se mencionó en secciones anteriores de este Trabajo Especial de Grado, las librerías de la placa e-Health Sensor Shield V2.0 vienen únicamente diseñadas para trabajar bajo este lenguaje de programación.

El diseño y la elaboración de dicha aplicación se realizaron mediante la interfaz de línea de comandos de la Raspberry Pi, mejor conocida como Terminal. Las lecturas de los parámetros médicos referentes a temperatura corporal y actividad eléctrica del corazón se obtuvieron mediante la utilización de las funciones *getECG()*

y `getTemperature()`, contenidas en la librería *e-Health* ya descargada anteriormente. Los tiempos de ejecución entre cada lectura pueden ser configurados internamente desde el código del programa. El diagrama de flujo de esta aplicación puede ser observado en el Anexo “I”.



```
pi@raspberrypi: ~/Librerias
GNU nano 2.2.6 Archivo Edición Pestañas Ayuda
Archivo: App_eHealth_Tesis.cpp Modificado
//Include eHealth library
#include "eHealth.h"
#include <stdio.h>
#include <iostream>
#include <ctime>

//Declaracion del procedimiento Proc_TEMP()
void Proc_TEMP(){
FILE *miFlujol;
miFlujol = fopen("Temperatura.txt","a");
if (miFlujol == NULL){
printf("Error al abrir el archivo");
}
else{
if(ftell(miFlujol)){
fprintf(miFlujol,"\n");
}
if(!ftell(miFlujol)){
fprintf(miFlujol,"Fecha,Valor\n");
}
float temperatura = eHealth.getTemperature();
printf("Temperatura : %f C\n", temperatura);
char out[20];
std::time_t testd:time(NULL);
std::strftime(out, sizeof(out), "%Y/%m/%d %H:%M:%S", std::localtime(&testd));
delay(1000);
fprintf(miFlujol,"%s",out);
fprintf(miFlujol,"%f", temperatura);
fclose( miFlujol);
}
}
Ver ayuda Guardar Leer Pich Pág Ant CortarTxt Pos actual
Salir Justificar Buscar Pág Sig PegarTxt Ortografía
```

Figura 28: Desarrollo de la aplicación para la lectura de parámetros médicos

Fuente: Elaboración propia

Una vez finalizado el código de la aplicación, se procedió a realizar el compilado del programa, para lo cual se utilizó el compilador g++, el cual viene ya instalado en la Raspberry Pi. Para ello, se ejecutaron los siguientes comandos:

```
g++ -c arduPi.cpp -o arduPi.o
```

```
g++ -c eHealth.cpp -o eHealth.o
```

```
g++ -lpthread -lrt App_eHealth_Tesis.cpp arduPi.o eHealth.o -o user-e-App_eHealth_Tesis
```

Cabe destacar que esta aplicación además de realizar la correspondiente lectura de parámetros médicos, almacena esta data de manera local en archivos

ubicados el disco duro de la Unidad de Monitoreo (Tarjeta SD). Esto se hizo con la finalidad de asegurar de que no exista una pérdida de información derivada de posibles fallas de conexión en la red del sistema.

IV.2.3.1.8.- Desarrollo de la aplicación destinada selección de Atleta

Considerando el escenario de que la Unidad de Monitoreo pueda ser usada por varios atletas, se realizó una aplicación a través del lenguaje de programación Java, la cual ofrece al personal médico la posibilidad de realizar un cambio de usuario (en este caso atletas), de tal manera que la Unidad de Monitoreo pueda registrar y enviar de manera separada los parámetros médicos de diferentes atletas, que a fines de realizar las pruebas piloto, fue diseñada para una capacidad de uso de hasta tres atletas diferentes. Esta aplicación cuenta con una clave de acceso alfanumérica, con la finalidad de evitar que personal no autorizado realice un cambio de usuario en el equipo. El diagrama de flujo de esta aplicación puede ser observado en el Anexo “H”.

IV.2.3.2.- El Servidor

Al igual que la Unidad de Monitoreo anteriormente desarrollada, el servidor es uno de los pilares fundamentales del sistema. Su función, es recibir, procesar y almacenar toda la data leída en el atleta por la Unidad de Monitoreo. Además, el servidor debe ser capaz de brindar al personal médico, un servicio que proporcione interfaz gráfica que permita visualizar de manera eficaz y agradable, toda la data que está siendo monitoreada.

Cuando se trabaja con información de suma importancia como lo pueden ser registros clínicos que pueden influir de manera crítica en el diagnóstico de enfermedades o lesiones en un paciente, incluso prevenir situaciones irreversibles y lamentables, es de suma importancia almacenar de manera segura y eficiente toda esta información.

Es por ello, que se decide crear una base de datos que almacene todos los valores críticos monitoreados en el atleta; es decir, todo valor leído que se encuentre fuera del rango normal del funcionamiento del cuerpo humano, es capturado y almacenado en la base de datos del servidor. Por ejemplo: Según la investigación realizada durante la fase 1 del presente Trabajo Especial de Grado, se determinó que el rango considerado normal de temperatura corporal humana es de 36.5-37.5 °C. Por ende, todo valor de temperatura capturado en el atleta fuera de este rango, es almacenado directamente en la base de datos, ofreciéndole al personal médico un respaldo de la información para realizar análisis posteriores de dicha información y acceso a la misma en el momento deseado.

A su vez, pensando en el desarrollo de una interfaz gráfica que permita al personal médico visualizar de manera remota los datos capturados en el paciente, y tomando en cuenta el auge que hoy en día experimentan las crecientes tecnologías y dispositivos de última generación, se procedió a realizar el diseño una página web en la cual, se pueda visualizar de manera eficaz y agradable, toda la data capturada en el atleta, lo que le proporciona al médico una gran flexibilidad de acceso a la información, puesto que brinda la posibilidad de visualización de la data desde cualquier computadora personal, laptop, *tablet* o *Smartphone*, los parámetros médicos y el desempeño físico del atleta.

Tomando en cuenta las necesidades anteriormente expuestas, se decidió implementar el uso de la herramienta Xampp (versión 1.7.4), la cual es una aplicación gratuita que proporciona un paquete que contiene un servidor web Apache, un gestor de base de datos MySQL, y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. En pocas palabras, esta herramienta, brinda la posibilidad de poder diseñar y gestionar la base de datos deseada, y además permite subir nuestra página al servidor web Apache y poder acceder a ella de manera local.

La instalación y utilización de dicha herramienta es sumamente sencilla e intuitiva, y se puede encontrar información detallada de este proceso a lo largo y

ancho de toda la web. Una vez instalado el Xampp, emergerá en la pantalla una ventana correspondiente al Xampp Control Panel Application tal y como se muestra en la figura 29. Esta herramienta permite principalmente administrar, iniciar y detener todos los servicios contenidos en el Xampp. Con la finalidad de comenzar a desarrollar la base de datos del sistema de monitoreo, se procedió a dar inicio a los servicios Apache y MySQL, los cuales, como se puede ver en la figura 29 utilizan los puertos de red TCP 80 y 3306 respectivamente.

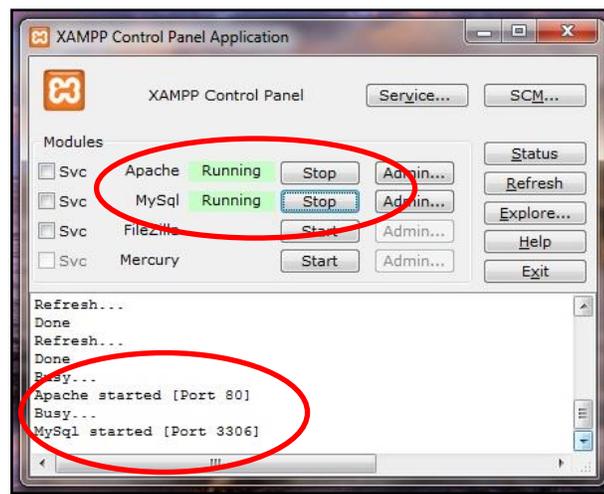


Figura 29: Xampp Control Panel Application

Fuente: Elaboración propia

IV.2.3.2.1.- Diseño y desarrollo de la base de datos

Para el desarrollo de la base de datos del sistema de monitoreo planteado, se procedió a acceder a la aplicación que dispone el Xampp denominada PhpMyAdmin, la cual, es una herramienta escrita en PHP con la intención de manejar la administración de MySQL a través de páginas web, la cual permite la creación, administración y eliminación de bases de datos.

La base de datos que se diseñó, está compuesta por 2 tablas, una llamada Datos y otra llamada Valores. La tabla Datos se encarga de almacenar la información

personal del atleta, en la que se incluyen campos como nombre, cédula, edad y dirección. Por otro lado, la tabla llamada Valores almacena todos los parámetros médicos críticos referente a Temperatura y Actividad Eléctrica del corazón de cada atleta, en la que se incluyen campos de fecha, hora y valor de lectura de cada parámetro médico. Ambas tablas se relacionan por medio de un ID único que posee cada atleta registrado en la base de datos. En la figura 30, se puede observar la base de datos anteriormente creada:

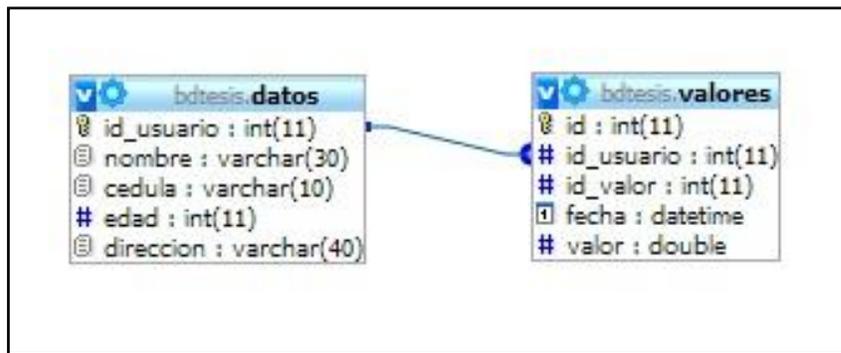


Figura 30: Base de datos del sistema

Fuente: Elaboración propia

IV.2.3.2.2.- Diseño y desarrollo de la página web

A su vez, para el diseño de la página web planteada, la cual servirá como instrumento de visualización de los parámetros médicos, se procedió a la construcción de la misma mediante la herramienta Adobe DreamWeaver, una aplicación muy completa destinada a la construcción, diseño y edición de sitios, videos y aplicaciones web. El lenguaje de programación seleccionado para el desarrollo de dicha página fue PHP, el cual es un lenguaje de programación de libre de uso general de código del lado del servidor, originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. La visualización gráfica de los parámetros médicos leídos en el atleta se realizó mediante la herramienta Dygraphs, la cual es

una rápida y flexible librería de gráficos JavaScript, la cual permite explorar e interpretar grandes conjuntos de datos.

Además, PHP ofrece la capacidad de conexión con la mayoría de los motores de base de datos que se utilizan en la actualidad, destacando su conectividad con MySQL y PostgreSQL. Gracias a esta característica, se procedió a desarrollar una sección dentro de la página diseñada que permita consultar los parámetros médicos críticos almacenados en la base de datos en el momento deseado.

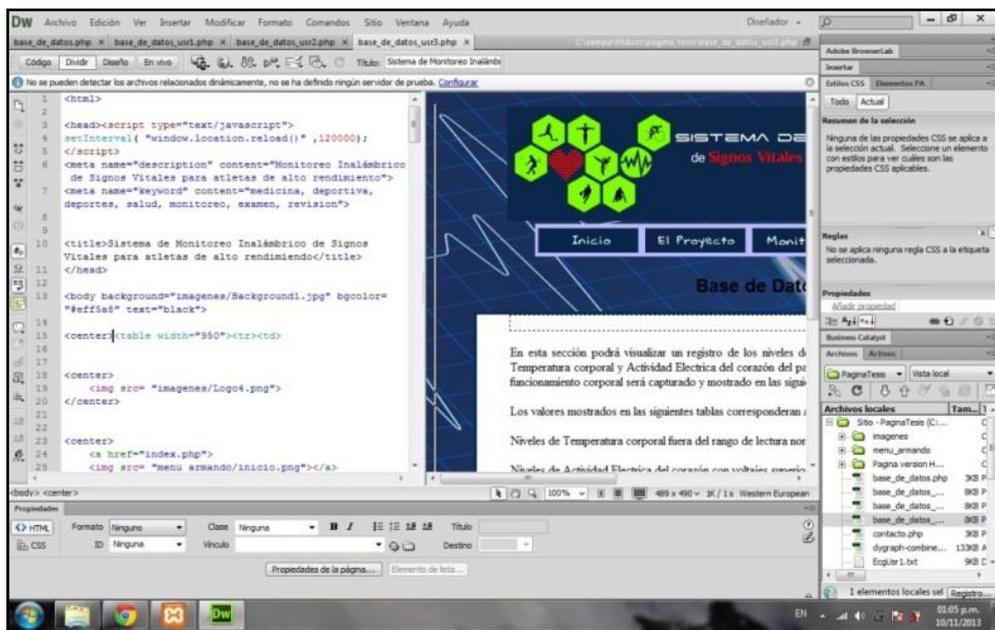


Figura 31: Construcción de la página web mediante DreamWeaver

Fuente: Elaboración propia

Para garantizar la seguridad de la web diseñada, se plantea la utilización del Protocolo seguro de transferencia de hipertexto (HTTPS), el cual utiliza un cifrado basado en SSL/TLS para crear un canal cifrado para la transferencia segura de datos de Hipertexto, esto garantiza que toda información interceptada por personas ajenas a la red no pueda ser interpretada de manera correcta.

IV.2.3.3.- Conectividad Unidad de Monitoreo-Servidor

La Unidad de Monitoreo debe ser capaz de transmitir a través del mecanismo de conexión inalámbrica WiFi, todos los parámetros médicos leídos y almacenados del atleta. Para ello, se procedió a realizar un socket TCP cliente-servidor en el lenguaje de programación Java, el cual se realizó mediante el entorno de desarrollo gratuito NetBeans. El número de puerto escogido para el socket en cuestión fue el 5000, el cual es un puerto TCP de libre uso. Sin embargo, se puede escoger cualquier otro número de puerto TCP registrado (y que no esté en uso) desde el puerto 1024 al 49151.

El socket que se diseñó consta de 2 aplicaciones ejecutables: una para la Unidad de Monitoreo denominada “Cliente” y otra para el Servidor denominada “Servidor”. La aplicación Cliente se encarga de tomar toda la data (parámetros médicos) leídos y almacenados por dicha Unidad y los envía directamente al servidor para poder ser procesados y resguardados. Desde este programa también se puede configurar cada cuanto tiempo se quiere que la Unidad de Monitoreo envíe la información al servidor.

Por otra parte, la aplicación Servidor recibe todos los datos enviados por la Unidad de Monitoreo, y una vez recibidos, los almacena de manera local en el disco duro del servidor. También, esta aplicación analiza toda la data recibida, con la finalidad de extraer todos aquellos parámetros médicos en el atleta que presenten valores críticos o considerados fuera del rango normal de funcionamiento del cuerpo humano y los almacena en la base de datos diseñada anteriormente. Adicionalmente, esta aplicación del lado del servidor posee una clave de acceso alfanumérica, de tal manera que solo personal autorizado sea capaz de iniciar este servicio.

Los diagramas de flujos de ambas aplicaciones pertenecientes al socket (Cliente y Servidor) pueden ser observados en los respectivos Anexo “J” y Anexo “K”.

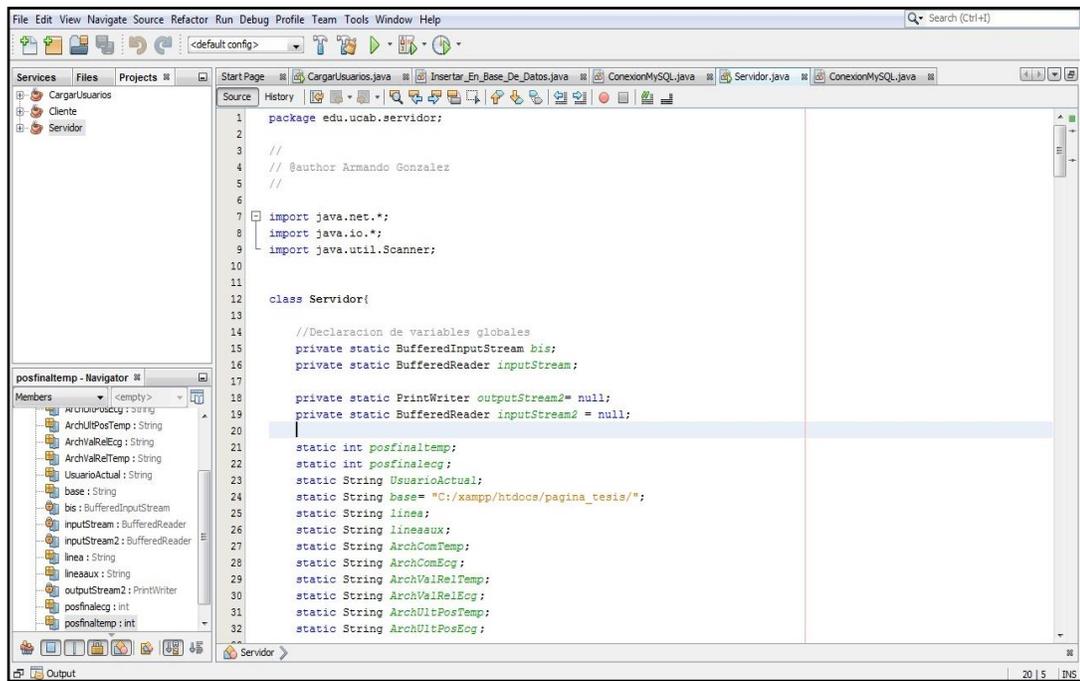


Figura 32: Diseño del socket mediante el entorno de desarrollo integrado NetBeans

Fuente: Elaboración propia

IV.3.- Fase III: Ejecución de Pruebas y Análisis de costos

Durante y después del proceso de diseño y desarrollo de las aplicaciones que dan funcionamiento al sistema de monitoreo, fue necesario realizar una serie de pruebas experimentales, cuya finalidad es corroborar el correcto funcionamiento de las aplicaciones desarrolladas. A continuación, se presentan cada una de las diferentes pruebas que se ejecutaron.

IV.3.1.- Lectura de parámetros médicos

Una vez configurada y preparada la Unidad de Monitoreo, se procedió a confirmar la correcta lectura de parámetros médicos referentes a temperatura corporal

y actividad eléctrica del corazón. Para conseguir lo anteriormente expuesto, se conectaron a la Unidad de Monitoreo (específicamente, en la e-Health Sensor Shield V2.0) el sensor de Temperatura Corporal y Electrocardiograma tal y como se muestra en las figuras 35 y 36.

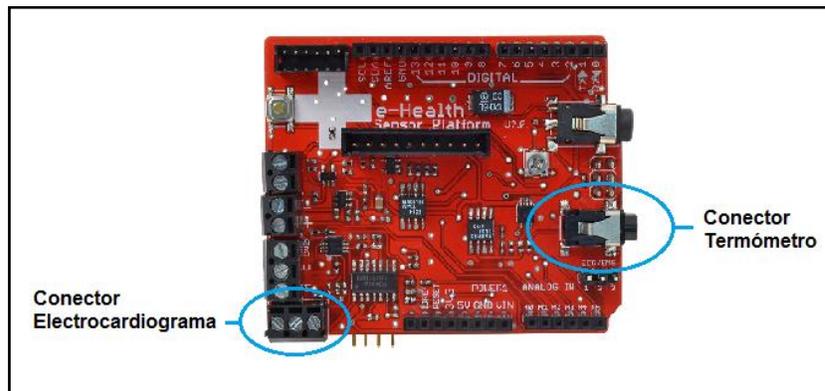


Figura 33: Ubicación de los conectores del sensor de Temperatura Corporal y ECG en la e-Health Sensor Shield V2.0.

Fuente: www.cooking-hacks.com

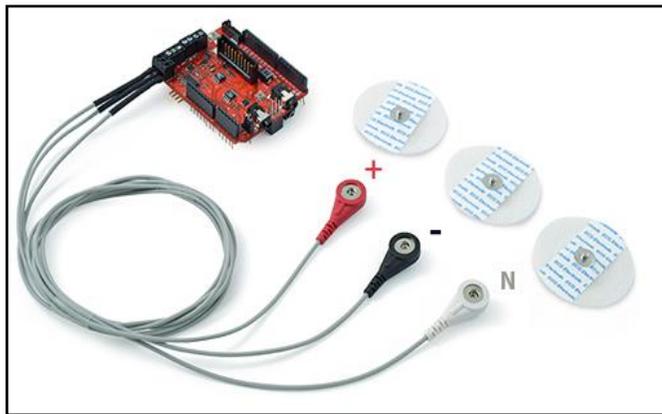


Figura 34: Conexión del sensor de Electrocardiograma a la e-Health Sensor Shield V2.0.

Fuente: www.cooking-hacks.com



Figura 35: Conexión del sensor de Temperatura Corporal a la e-Health Sensor Shield V2.0.

Fuente: www.cooking-hacks.com

Luego, se conectaron los sensores anteriormente mencionados al cuerpo humano tal y como se muestra en la siguiente figura:

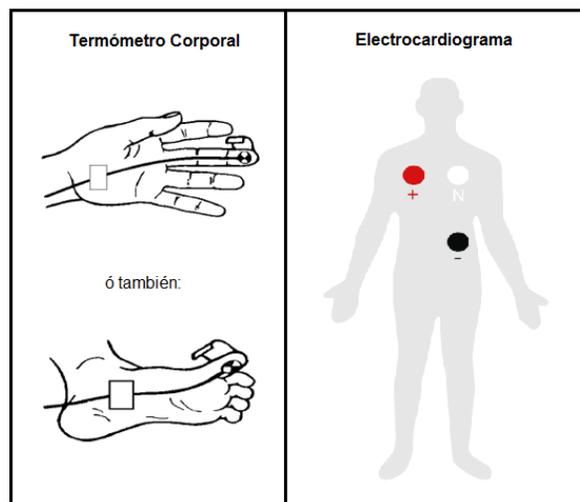


Figura 36: Conexión de los sensores de Temperatura Corporal y ECG al cuerpo del atleta

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se procedió a ejecutar en la Unidad de Monitoreo, 2 programas básicos que, mediante las funciones `getTemperature()` y `getECG()`, capturan de manera individual los parámetros anteriormente mencionados, con lo cual se pudo comprobar exitosamente el funcionamiento de la Unidad y lectura de datos.

IV.3.2.- Conectividad Unidad de Monitoreo – Servidor:

Luego de corroborar la correcta lectura y funcionamiento de la Unidad de Monitoreo, es necesario que la data leída por este dispositivo sea enviada al servidor de manera automática. Como se explicó anteriormente y para cubrir esta necesidad, se elaboró un socket TCP Cliente-Servidor que consta de 2 aplicaciones ejecutables, una denominada “Cliente” y otra “Servidor”. La aplicación Cliente se ejecutó en la Unidad de Monitoreo mientras que la denominada Servidor se corrió en un computador personal, que para las pruebas piloto cumplió con el rol de servidor. En estas pruebas, se utilizó un Router inalámbrico D-Link DIR-615 y se realizó la conexión a través de una red inalámbrica de área local.

Durante esta etapa, además de verificar la correcta transmisión de los parámetros médicos, se confirmó que la aplicación “Servidor” era capaz de analizar la data del paciente y almacenar correctamente en la base de datos todos los parámetros médicos con valores críticos leídos en el paciente.

IV.3.3.- Test de la interfaz gráfica para el monitoreo de parámetros médicos

Para confirmar el correcto funcionamiento de la página web diseñada para mostrar los datos monitoreados en el paciente, se procedió a subir los archivos correspondientes de la página a la carpeta *htdocs*, ubicada en la ruta donde se instaló la herramienta Xampp. De esta manera, desde cualquier dispositivo que contenga un explorador web y que esté conectado a la red local del sistema, se pudo visualizar la página diseñada de manera correcta, verificando así su agradable e intuitivo entorno gráfico.

Capítulo V. Resultados Obtenidos

A continuación, se presentan de manera detallada los resultados obtenidos durante la ejecución y finalización de cada una de las fases, los cuales permiten cumplir de manera exitosa los objetivos planteados en el presente Trabajo Especial de Grado:

V.1.- Levantamiento de Información

A través la investigación puntualizada realizada durante la fase 1 del presente proyecto se pudo obtener la teoría necesaria para realizar correctamente el diseño del sistema propuesto, la cual puede ser encontrada en el capítulo II del presente Trabajo Especial de Grado. Dicha investigación ayudó a identificar las principales ventajas que tiene sobre el atleta la correcta realización de evaluaciones médicas y cada cuanto tiempo son sometidos los atletas a estas pruebas, información que sirvió como base para diseñar un sistema que permita facilitar y evaluar de manera más frecuente el rendimiento del atleta.

V.2.- Ejecución del Sistema de Monitoreo Inalámbrico

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de todos los dispositivos, hardware y software que componen el sistema de monitoreo, se procedió a realizar la integración de todos estos elementos de manera conjunta. Como resultado, se logró implementar un sistema estable capaz de transmitir exitosamente los parámetros médicos presentes en el atleta de manera inalámbrica mediante la tecnología Wi-Fi para ser visualizados remotamente por parte del personal médico mediante una página web, ofreciendo a su vez garantías de preservar la información ante posibles caídas del sistema o de alguno de sus componentes, cumpliendo así con los objetivos planteados en el presente proyecto. También este sistema asegura la detección automática y almacenamiento respectivo de parámetros médicos que presenten valores fuera del rango normal de funcionamiento corporal.

A continuación, en la figura 37 se exhibe la conexión de la Unidad de Monitoreo en el cuerpo del posible paciente, mientras que en la figura 38 se muestra dicha unidad con todos sus componentes instalados.



Figura 37: Instalación de la Unidad de Monitoreo en el cuerpo

Fuente: Elaboración propia



Figura 38: Unidad de monitoreo con todos sus componentes y sensores

Fuente: Elaboración propia

La unidad de monitoreo no necesita de pantalla alguna para la visualización de los datos, puesto que los parámetros leídos son enviados al servidor mediante el socket TCP diseñado con tal propósito. Más sin embargo, si se conecta una pantalla LCD o monitor, se pueden observar los datos leídos y generados por los sensores de Temperatura y Electrocardiograma.

Por otra parte, la página web diseñada para visualizar los parámetros médicos en el atleta permitiendo al personal médico acceder a la data en el momento deseado desde cualquier computador o dispositivo inteligente conectado a la red del sistema. La página web, como se muestra en la figura 39, cuenta con un ambiente de fácil administración, la cual en la sección denominada “Monitoreo” se puede seleccionar el atleta que se desee monitorear.



Figura 39: Pagina Web para la visualización de los signos vitales del atleta - Sección Monitoreo

Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el atleta deseado en la sección de monitoreo, se muestra en pantalla todos los datos captados por la unidad de monitoreo, a través de gráficas que contienen los valores de temperatura y electrocardiograma leídos en el atleta en cuestión, indicando la fecha y hora de la lectura además del valor del parámetro correspondiente tal y como se resalta en la imagen.

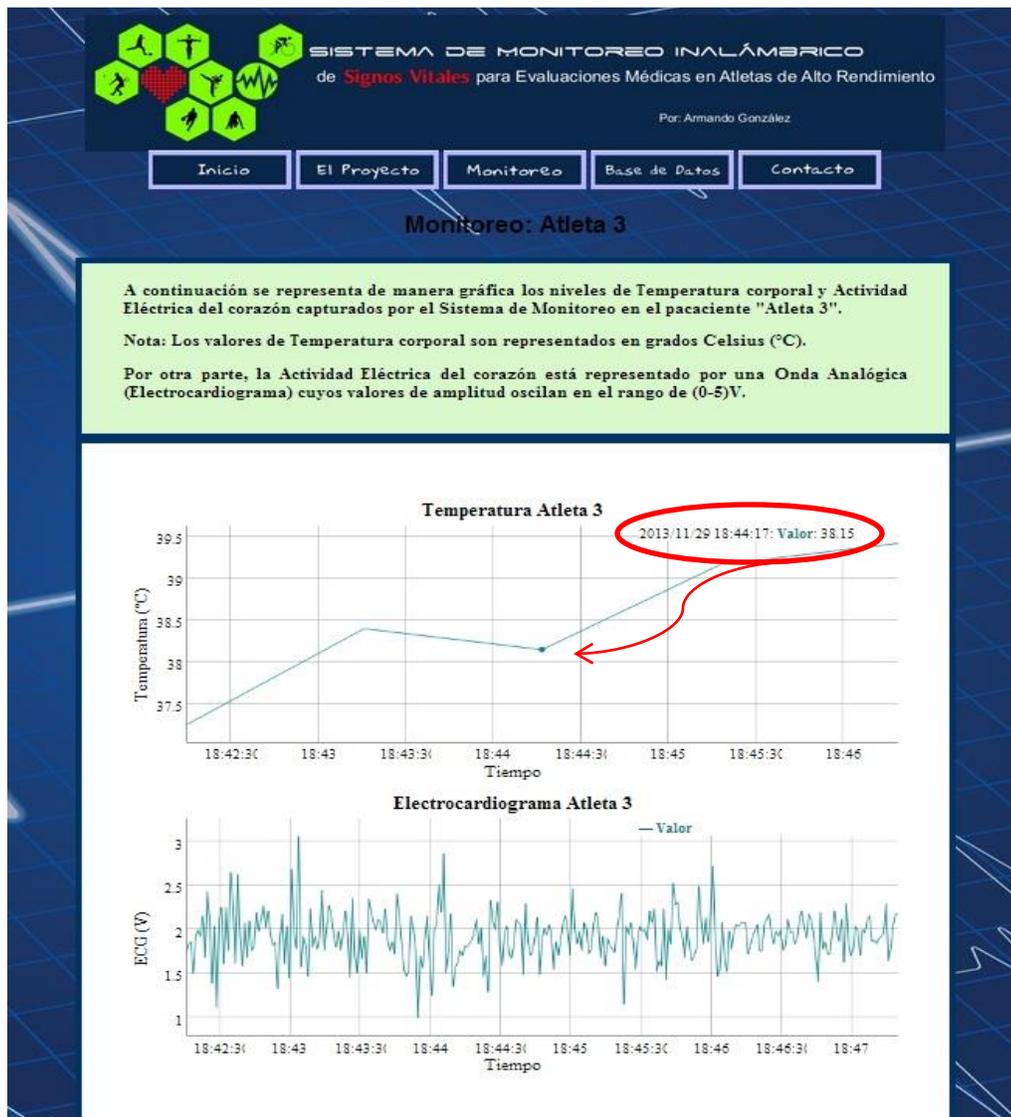


Figura 40: Visualización de los parámetros médicos a través de la web diseñada

Fuente: Elaboración propia

Además, estas gráficas poseen la característica de ser reajustables, es decir, permiten la realización de zoom y expansión dentro de la gráfica para poder tener una mejor apreciación de un conjunto de datos específicos.

Por otra parte, en la sección de “Base de Datos” se pueden consultar los parámetros críticos almacenados en la base de datos del atleta deseado. Tal y como muestra la figura 41, esta información es suministrada a través de 3 tablas, en las cuales se pueden observar tanto los datos personales del atleta, como los valores almacenados de dichos parámetros.

Base de Datos: Usuario 1

En esta sección podrá visualizar un registro de los niveles de lectura más críticos capturados por el sistema referente a Temperatura corporal y Actividad Eléctrica del corazón del atleta "Usuario1". Cualquier valor fuera del rango normal del funcionamiento corporal será capturado y mostrado en las siguientes tablas.

Los valores mostrados en las siguientes tablas corresponderán a los siguientes rangos:

Niveles de Temperatura corporal fuera del rango de lectura normal (36.5-37.5 °C).

Niveles de Actividad Eléctrica del corazón con voltajes superiores a los 4.8 V.

Si desea guardar dichos registros, haga click en [Valores Relevantes de Temperatura](#) o [Valores Relevantes de ECG](#), y una vez abiertos, haga click derecho sobre su navegador y seleccione "Guardar como". Los archivos serán guardados en su ordenador en un formato ".txt".

| Datos del Usuario 1 | | | |
|---------------------|------------|-------------|---------------------|
| Nombre del Paciente | Cedula | Edad (años) | Dirección |
| Nombre Usuario 1 | CIUsuario1 | 20 | Direccion Usuario 1 |

| Valores Relevantes de Temperatura | | |
|-----------------------------------|---------------------|------------|
| ID | Fecha | Valor (C°) |
| 1 | 2013-11-03 20:57:21 | 37.5 |
| 2 | 2013-11-03 21:30:21 | 38.1 |

| Valores Relevantes de ECG | | |
|---------------------------|---------------------|-----------|
| ID | Fecha | Valor (V) |
| 3 | 2013-11-03 21:24:21 | 4.9 |

Copyright 2013 - Envíanos un mensaje a masculina@masculina2010.com

Figura 41: Consulta de valores críticos presente en los parámetros médicos leídos del atleta

Fuente: Elaboración propia

También, al hacer clic en los enlaces señalados en la figura 41, se pueden guardar en la computadora personal del médico ficheros con la extensión “.txt” con el contenido de los valores mostrados en las tablas de valores de cada parámetro médico.

V.3.- Resguardo de la información capturada por la Unidad de Monitoreo

Como ya se mencionó antes, la aplicación que se diseñó para la captura de parámetros médicos mediante la Unidad de Monitoreo, además de leer y transmitir dichos parámetros, también almacena en el disco duro de dicha unidad archivos que contienen todos los registros de parámetros leídos en el atleta. Con esto se garantiza que si en algún determinado momento de la evaluación se pierde la conexión en la red del sistema, los datos del atleta de igual manera seguirán siendo leídos y registrados, y una vez restablecida la conexión, son enviados de manera automática con lo cual se evita la pérdida de la información, algo que se consideró como indispensable cuando se manejan datos tan importantes que pueden determinar la salubridad del atleta en cuestión. Esto trae como consecuencia de que a medida que aumentan la cantidad de evaluaciones y registros almacenados, disminuirá la capacidad de almacenamiento de la unidad, por lo cual se debería entonces realizar periódicamente un mantenimiento a dicho disco duro con la finalidad de liberar dicha memoria y evitar una saturación de la misma.

V.4.- Posibles Implementaciones

El sistema de monitoreo inalámbrico desarrollado en el presente proyecto permite ser implementado de dos posibles maneras, que a continuación se describen detalladamente:

- **Implementación fija:** La Unidad de Monitoreo puede ser fácilmente instalada o adherida en un equipo de entrenamiento fijo, como lo puede ser una caminadora o una bicicleta estacionaria, de tal manera que el atleta pueda ser evaluado y monitoreado durante la ejecución de actividades de esfuerzo físico.
- **Implementación móvil:** por otra parte, gracias a su ligero peso y disimulado tamaño, la unidad de monitoreo también puede ser instalada en una especie de arnés o chaleco diseñado de manera adecuada y segura para ser colocado sobre el atleta, de tal forma que el mismo pueda realizar sus entrenamientos con total normalidad y movilidad en toda su área de entrenamiento a la vez que es monitoreado y evaluado por el personal médico. En caso de ser implementada la unidad de monitoreo de manera móvil, es necesario una fuente de alimentación portátil que sea capaz de suministrar a la Raspberry Pi una alimentación de 5v y 700mAh. Para garantizar esta total autonomía, es recomendable que se utilice la Fuente de poder portable Sony CP-ELS, en vez del Adaptador de voltaje para Raspberry Pi. Esta fuente de poder es capaz de ofrecerle a la Raspberry Pi un suministro eléctrico de 5v y 1000mAh por un tiempo de máximo de 3h sin necesidad de tener conectado el equipo al tomacorriente.

V.5.- Análisis de Costos

Con la finalidad de conocer el costo monetario del sistema de monitoreo propuesto y así mismo determinar su factibilidad de implementación, se elaboró una tabla en la cual se pueden reflejar cada uno de los equipos que se incluyen en el diseño del sistema, destacando el valor de adquisición de cada uno de ellos.

Cabe destacar que este presupuesto se realizó partiendo de la suposición de que el área de entrenamiento físico de los atletas es de tipo interior. En caso contrario, se debe sustituir el Access Point incluido en el presupuesto por el seleccionado para

ambientes exteriores durante el diseño de la topología. También, este presupuesto puede variar dependiendo del tamaño y las características de la infraestructura en donde se quiera implementar el sistema, puesto que el mismo fue elaborado tomando en cuenta los componentes necesarios en la red telemática genérica que se diseñó para el sistema. Además, los costos están calculados según la tasa de cambio al momento de la realización del presente proyecto. El presupuesto planteado tampoco contempla el costo de la mano de obra y resto de materiales necesarios en la instalación del sistema.

| Artículo | Cantidad | Costo unitario en USD\$ | Costo total en USD\$ |
|----------------------------------------------|----------|-------------------------|----------------------|
| Raspberry Pi Model B | 1 | 35,00 | 35,00 |
| e-Health Sensor Shield V2.0 | 1 | 100,78 | 100,78 |
| RPi to Arduino Shield Connection Bridge | 1 | 53,75 | 53,75 |
| Sensor Electrocardiograma (ECG) | 1 | 47,03 | 47,03 |
| Sensor Temperatura Corporal | 1 | 26,87 | 26,87 |
| Adaptador WiFi USB Edimax EW-7811Un | 1 | 9,99 | 9,99 |
| Adaptador de Voltaje para Raspberry | 1 | 9,95 | 9,95 |
| Cargador portátil Sony CP-ELS 2000 mAh | 1 | 25,00 | 25,00 |
| Tarjeta de Memoria SD 8 GB | 1 | 17,85 | 17,85 |
| Subtotal costos U. de Monitoreo en \$ | | | 305,22 |
| Switch TP-Link TL-SG1008D | 1 | 27,00 | 27,00 |
| Access Point | 3 | 245,00 | 735,00 |
| Servidor Dell PowerEdge T110 II | 1 | 672,03 | 672,03 |
| Total costos del sistema en \$ | | | 1.760,25 |
| Total costos del sistema en Bs.F | | | 11.441,625 |

Tabla 5: Costos de la implementación del sistema

Fuente: Elaboración Propia

*Precio Access Point para ambientes exteriores D-Link Wireless N Dual-Band PoE DAP-3520 = 425,00 \$

*Cada Unidad de Monitoreo tiene un costo de 305,22\$ = 1983,93 Bs.F

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

Una vez culminadas todas las fases del diseño y desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado y habiendo cumplido exitosamente los objetivos planteados, se presentan a continuación las conclusiones y recomendaciones derivadas del mismo.

VI.1.- Conclusiones

Los largos intervalos de tiempo que transcurren entre cada revisión médica aplicada a un atleta traen como consecuencia un inadecuado seguimiento del desempeño físico del mismo. Esto en conjunto con la larga duración de las competencias deportivas a las cuales están sometidos año tras año y el alto nivel de entrenamiento físico que esto requiere, hacen que durante la etapa de competición el atleta sea mucho más propenso a sufrir lesiones o accidentes cardiovasculares.

El sistema de monitoreo inalámbrico que se desarrolló en este proyecto permite integrar los métodos tradicionales de evaluación médica y diagnóstico preventivo a las crecientes tecnologías de comunicaciones de vanguardia, ofreciendo una herramienta que permite obtener un control médico deportivo optimizado que ayude a mejorar el proceso de evaluación médica y preservar la condición física del atleta.

Además, tomando en cuenta los rápidos avances en el área de la electrónica y las telecomunicaciones, este sistema es totalmente adaptable a la llegada de nuevas versiones de las placas que conforman la Unidad de Monitoreo, la Raspberry Pi Modelo B y la e-Health Sensor Shield V2.0., lo que trae como beneficio no necesitar realizar cambios en la estructura ni en la topología de red.

La topología y la operatividad del sistema de monitoreo es cien por ciento adaptable a los modelos de implementación fijo y móvil para los cuales fue desarrollada, de tal manera que la utilización de uno de estos modelos o ambos, no

requiere de la adquisición de nuevos equipos ni de un cambio en la estructura del sistema. Solo basta con utilizar la fuente de energía adecuada al modelo implementado: el Cargador portátil Sony CP-ELS en el caso de que la implementación sea móvil o el Adaptador de Voltaje para Raspberry en el caso fijo.

Los altos costos de los monitores de signos vitales existentes en el mercado, cuyos precios son superiores al precio del sistema de monitoreo propuesto en el presente proyecto, hacen de este sistema una alternativa totalmente atractiva para el sector de salud y el mundo deportivo.

Hoy en día, las tecnologías inalámbricas existentes como Infrarrojo, Bluetooth, Zig-Bee y WIMAX ofrecen soluciones eficientes de cara a las necesidades de comunicación del ser humano. Sin embargo, ninguna de estas alternativas fueron las más adecuadas para la implementación del sistema de monitoreo. A diferencia, Wi-Fi ofrece una amplia cobertura en ambientes internos tanto como externos, grandes tasas de velocidad de información, no requiere de línea de vista, ofrece excelentes niveles de seguridad y además existe una muy extensa variedad de dispositivos compatibles a esta tecnología, lo que hacen de esta tecnología la más adecuada al sistema desarrollado.

Por otra parte, se ratifica la e-Health Sensor Shield V2.0 como una herramienta eficaz, potente y escalable para el desarrollo de aplicaciones médicas y biométricas. Gracias a su gran variedad de sensores, su compatibilidad con la mayoría de las tecnologías inalámbricas y carácter de libre uso, hacen de esta una herramienta con la cual los desarrolladores pueden ofrecer nuevas soluciones al sector médico y aportar nuevos desarrollos en el área de la Telemedicina.

VI.2.- Recomendaciones

Se aconseja el diseño y utilización de un case o caja protectora adecuada a las dimensiones de la Unidad de Monitoreo, con la finalidad de garantizar su protección física contra posibles golpes o caídas que puedan poner en riesgo la integridad del equipo.

También, para mejorar la calidad de servicio del sistema es necesario incluir una aplicación o herramienta que permita al personal médico posibilidad de agregar, gestionar y personalizar nuevos usuarios de manera cómoda y eficiente en el sistema.

Tomando en cuenta que la Unidad de Monitoreo registra y almacena en su disco duro los datos leídos de cada usuario, se recomienda hacer un mantenimiento de los equipos mensualmente con la finalidad de limpiar y evitar sobresaturar la memoria del mismo. Además, se pueden incluir Tarjetas SD's de mayor capacidad que la usada en este proyecto (8GB), de tal manera que el intervalo entre mantenimientos pueda ser mayor al propuesto.

Por último, se recomienda la realización de un estudio o investigación médica con la finalidad de analizar el comportamiento de la actividad eléctrica del corazón cuando éste es sometido a esfuerzo físico o durante el ejercicio, de tal manera que se puedan obtener modelos de electrocardiogramas basados en estas situaciones, los cuales brinden al personal médico una herramienta adicional para poder realizar un mejor diagnóstico médico de los datos que están siendo monitoreados en el atleta.

Bibliografía

- Arduino Company. (2013). *Web oficial de Arduino*. Recuperado el 01 de Septiembre de 2013, de <http://www.arduino.cc/es/>
- Ariganello, E. (2007). *Redes CISCO: Guía de estudio para la certificación CCNA 640-801*. Madrid, España: Ra-Ma.
- Berson, A. (1996). *Client/Server Architecture*. McGrawHill.
- Cabeza, L., & Gonzalez, F. (2010). *Redes Inalámbricas*. Anaya Multimedia.
- Ceballos, F. (2001). *C/C++ Curso de Programación*. Ra-Ma.
- Cooking-Hacks. (2013). *Página Web Oficial de Cooking-Hacks, División de Hardware libre de Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L.* Recuperado el 15 de Agosto de 2013, de <http://www.cooking-hacks.com/>
- EcuRed. (2010). *EcuRed - Conocimiento con todos y para todos*. Recuperado el 15 de Agosto de 2013, de <http://www.ecured.cu/index.php/Deporte>
- Funes, L. E. (06 de Noviembre de 2009). *Netbeans.org*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2013, de <http://wiki.netbeans.org/ConociendoNetbeansPlatformIntroduccion>
- Galeus. (Abril/Mayo de 2010). *Revista Galeus para los medicos de Puerto Rico*. Recuperado el 01 de Octubre de 2013, de <http://www.galenusrevista.com/Evaluacion-medica-para-la.html>
- Gallego, J. C. (2012). *Montaje de componentes básicos: Técnicas Básicas*. Editex.
- Gonzalez, Y. (2012). *Centro de Orientacion y Asesoriamiento Psicológico "CORAS"*. Recuperado el 15 de 08 de 2013, de <http://corasca.com/2012/08/psicologia-del-campeon-el-deportista-de-alto-rendimiento/>
- Heitel, H., & Deitel, P. (2004). *Como programar en Java*. Pearson Educacion.
- Higueros, S. (Septiembre de 2011). *Módulo práctico deportivo dirigido a niños de escuela oficial Urbana Mixta "José Joaquín Pardo Gallardo" Chimaltenango, Guatemala*. Recuperado el 19 de 09 de 2013, de http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_1640.pdf

IEEE Standards Association. (17 de Agosto de 2012). *IEEE.org*. Recuperado el 15 de 10 de 2013, de <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2012.pdf>

Martines Yopez, G. J., & García Díaz, A. J. (s.f.). *Web Oficial de la Universidad Pedagógica Naginal*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2013, de http://www.pedagogica.edu.co/storage/lud/articulos/lud04_06arti.pdf

McHamon, R. (2003). *Introduccion a las Redes*. Anaya.

MedlinePlus. (2011). Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Servicio de la Biblioteca Nacional de Medicina de EE.UU e Institutos Nacionales de la Salud: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/>

Mercado, A., Berrios, R., & Chan, P. (2012). *Redes inalámbricas ad hoc*. Bayamon: Universidad Interamericana de Puerto Rico.

Microsoft. (2012). Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de Pagina Oficial de Microsoft Windows: <http://windows.microsoft.com/>

Muñoz, A., & Roperro, J. (2011). *Topologías Inalámbricas*. Universidad de Sevilla, España.

Observatorio Tecnológico. (4 de Mayo de 2006). *Observatorio Tecnológico - Ministerio de Educación Cultura y Deporte del Gobierno de España*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2013, de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/equipamiento-tecnologico/redes/349-andres-lamelas-torrijos>

PHP Group. (2013). *Pagina Oficial de PHP*. Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de <http://php.net/>

Quibrera Matienzo, J. A. (10 de Septiembre de 2010). *Con Estetoscopio - Evidencia y experiencia en favor del niño con cardiopatía*. Recuperado el 03 de Agosto de 2013, de <http://www.conestetoscopio.com/tag/ejercicio/>

Rojas, R., Ronald, R., & Wilfredo, Q. (2005). *Internet y Redes Inalámbricas*. Clanar Internacional.

Soyinka, W. (2010). *Wireless Network Administration: A Beginner's Guide*. Tata McGraw-Hill.

Tanenbaum, A. (2003). *Redes de computadoras*. Mexico: Pearson Educación.

Tecnologies, I. M. (2008). *Marketing Bluetooth*. Recuperado el 18 de Octubre de 2013, de <http://www.marketing-bluetooth.com/>

WisegEEK. (2011). Recuperado el 15 de Julio de 2013, de <http://www.wisegEEK.com/what-is-a-single-board-computer.htm>

Anexos

Anexo “A”: Datasheet Switch TP-Link TL-SG1008D 8 Puertos Gigabit

| General | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Standards | IEEE802.3, IEEE802.3u, IEEE802.3ab |
| Topology | Star |
| Protocol | CSMA/CD |
| Data Transfer Rate | Ethernet: 10Mbps (Half Duplex), 20Mbps (Full Duplex) |
| | Fast Ethernet: 100Mbps (Half Duplex), 200Mbps (Full Duplex) |
| | Gigabit Ethernet: 2000Mbps (Full Duplex) |
| Network Media(Cable) | 10Base-T: UTP category 3, 4, 5 cable (maximum 100m) EIA/TIA-568 100Ω STP (maximum 100m) |
| | 100Base-TX: UTP category 5, 5e cable (maximum 100m) EIA/TIA-568 100Ω STP (maximum 100m) |
| | 1000Base-T: UTP category 5 cable (maximum 100m) EIA/TIA-568 100Ω STP (maximum 100m) |
| Number of Ports | 5/8 10/100/1000Mbps Auto-Negotiation RJ45 ports |
| LED indicators | Power, LEDs (1-8) |
| Transfer Method | Store-and-Forward |
| MAC Address Learning | Automatically learning, automatically aging |
| Frame Filter Rate | 10Base-T: 14880pps/Port |
| | 100Base-Tx: 148800pps/Port |
| | 1000Base-T: 1488000pps/Port |

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Frame Forward Rate | 10Base-T: 14880pps/Port |
| | 100Base-Tx: 148800pps/Port |
| | 1000Base-T: 1488000pps/Port |
| Environmental and Physical | |
| Operating Temperature | 0 ~40°C (32 ~104°F) |
| Storage Temperature | -40 ~70°C (-40 ~158°F) |
| Operating Humidity | 10%~90% non-condensing |
| Storage Humidity | 5%~90% non-condensing |

Anexo “B”: Datasheet D-Link Wireless Access Point DWL-3600AP

| Technical Specifications | |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standards | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11n • IEEE 802.11g • IEEE 802.3ab • IEEE 802.3u • IEEE 802.3 • IEEE 802.3af |
| Interfaces | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 1x Gigabit Ethernet (RJ-45) port (PoE-enabled) • 1x Console (RJ-45) port |
| Management | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Telnet - Secure (SSH) Telnet • Web Browser Interface • HTTP - Secure HTTP (HTTPS) • SNMP Support • AP Clustering |
| Security | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • WPA™ - Personal • WPA2™ - Enterprise (802.11i) • WPA™ - Personal • WPA2™ - Enterprise (802.11i) • 64/128-bit WEP • SSID Broadcast Disable • MAC Address Access Control • Rogue AP Detection • Station Isolation |
| VLAN | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 802.1q VLAN support (max. 64 dynamic VLANs) |
| SSID Support | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Multiple (up to 16 SSID) |
| Quality of Services (QoS) | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • WMM Wireless Priority • SpectraLink Voice Priority (SVP) |
| Wireless Frequency Range | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz to 2.4835 GHz |

| Technical Specifications | |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operating Modes | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Access Point (AP) - Wireless Distribution System (WDS) |
| 3rd Party Support | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Integrated RFID recognition for Aeroscout devices to track wireless clients - AirMagnet™ software solutions for WLAN analysis and survey |
| Antenna | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Internal Omni directional antennas - 4.7 dBi @ 2.4 GHz (2x2) |
| LEDs | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Power - LAN - WLAN |
| Maximum Power Consumption | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 8 watts |
| Power Supply | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - 5V/2.5 A |
| Physical | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Plenum-rated chassis - Weight: 635 g. - Dimensions (W x L x H): 203 x 203 x 48 mm |
| Temperature | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Operating: 0 to 40 °C - Storage: -20 to 65 °C |
| Humidity | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Operating: 10% to 90% (Non-condensing) - Storage: 5% to 95% (Non-condensing) |
| Certifications | |
| | <ul style="list-style-type: none"> - FCC - CE - EN60601-1-2 |

Anexo “C”: Datasheet D-Link Wireless Outdoor Access Point DAP-3520

| Technical Specifications | | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| General | | |
| Device interfaces | <ul style="list-style-type: none"> • 10/100/1000 BASE-TX Ethernet port with 802.3af PoE and auto-MDI/MDIX support • Embedded Dual Band antennas (8 dBi for 2.4 GHz, 10 dBi for 5 GHz) • Two RN-P N type connectors for optional antennas³ | |
| Standards | <ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11a/b/g WLAN • IEEE 802.3/802.3u Ethernet | <ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11n WLAN • IEEE 802.3x Flow Control (for Ethernet) |
| Operating frequency | <ul style="list-style-type: none"> • For 802.11n: 2400 to 2483.5 MHz (2.4 GHz band), 5150 to 5825 MHz (5 GHz band) • For 802.11g: 2400 to 2483.5 MHz | <ul style="list-style-type: none"> • For 802.11b: 2400 to 2497 MHz • For 802.11a: 5150 to 5350 MHz, 5470 to 5725 MHz, 5725 to 5850 MHz (for Europe) |
| Channel numbers | • 11 Channels (FCC) | • 13 Channels (ETSI) |
| Maximum transmit output power ⁴ | <ul style="list-style-type: none"> • ETSI: 9 dBm at 2.4 GHz, 17 dBm at 5 GHz • FCC: 18 dBm at 2.4 GHz, 17 dBm at 5 GHz | |
| Certifications | <ul style="list-style-type: none"> • FCC Class B • CE • IP65 | <ul style="list-style-type: none"> • C-Tick • CSA International • Wi-Fi[®] a/b/g/n |
| Functionality | | |
| Configurable operation modes | <ul style="list-style-type: none"> • Access Point • WDS with AP | <ul style="list-style-type: none"> • WDS • Wireless Client |
| Performance enhancement | • AP grouping for load balance | |
| Security | <ul style="list-style-type: none"> • 64/128-bit WEP data encryption • WPA-PSK, WPA2-PSK • WPA-EAP, WPA2-EAP • TKIP, AES support • MAC address filtering user access • WLAN partitioning | <ul style="list-style-type: none"> • Multiple SSID for network segmentation • SSID broadcast disable function • 802.1Q VLAN tagging • Rogue AP detection • Network Access Protection |
| QoS (Quality of Service) | • Wireless Multimedia (WMM) | |
| Management | <ul style="list-style-type: none"> • Web Browser Interface: <ul style="list-style-type: none"> • HTTP • Secure HTTP (HTTPS) • AP Manager II • D-View 6.0 | <ul style="list-style-type: none"> • SNMP support: <ul style="list-style-type: none"> • Private MIB • Command Line Interface: <ul style="list-style-type: none"> • Telnet • SSH |
| Physical | | |
| Diagnostic LEDs | <ul style="list-style-type: none"> • Power • LAN | • WLAN |
| Operating voltage | <ul style="list-style-type: none"> • External power adapter • 100-240 VAC/50-60 Hz | • 48 V DC +/-10% for PoE |
| Maximum power consumption | • 12.95 Watts | |
| Dimensions (L x W x H) | • 190 x 160 x 55 mm (7.48 x 6.30 x 2.17 inches) | |
| Weight (without mounting kit) | • 774g | |
| Temperature | • Operating: -20 to 60°C (-4 to 140°F) | • Storage: -20 to 65°C (-4 to 149°F) |
| Operating humidity | • 10% to 90% non-condensing, all-weather enclosure | |
| Accessories | <ul style="list-style-type: none"> • PoE base unit • Ethernet cable (4 metres long) | <ul style="list-style-type: none"> • Set of grounding wires • Wall mount |

Anexo “D”: Datasheet Servidor en torre Dell PowerEdge T110 II

| Feature | Technical Specification |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Form Factor | Tower |
| Processors | Quad-core Intel® Xeon® processor E3-1200 product family Dual-core Intel® Core™ processor i3-2100 product family |
| Processor Sockets | 1 |
| Front Side Bus or HyperTransport | DMI (Direct Media Interface) |
| Cache | 8MB |
| Chipset | Intel® C202 |
| Memory ¹ | Up to 32GB (4 DIMMs): 1GB/2GB/4GB/8GB DDR3 up to 1333MHz |
| I/O Slots | 4 PCIe G2 slots: Two x8 slots One x4 slot One x1 slot |
| RAID Controller | Internal: PERC H200 (6Gb/s) PERC S100 (software based) PERC S300 (software based) External HBAs (non-RAID): 6GB/s SAS HBA |
| Drive Bays | Cabled options available: Up to four 3.5" SAS or SATA |
| Maximum Internal Storage | Up to 8TB |
| Hard Drives ² | Cabled HDD Options: 3.5" SAS (15K), nearline SAS (7.2K), SATA (7.2K, 5.4K) |
| Communications | Broadcom® NetXtreme® 5709 Dual Port Gigabit Ethernet NIC, Copper, w/TOE PCIe x4 Broadcom® NetXtreme® 5709 Dual Port Gigabit Ethernet NIC, Copper, TOE/iSCSI PCIe x4 Broadcom® NetXtreme® II 5722 Single Port Gigabit Ethernet NIC Intel® PRO/1000PT Single Port Adapter, Gigabit Ethernet NIC, PCIe x1 Intel® Gigabit ET Dual Port Adapter, Gigabit Ethernet NIC, PCIe x4 |
| Power Supply | Single cabled power supply (305W) |
| Availability | Quad-pack LED diagnostics, ECC Memory, add-in RAID, TPM/TCM |
| Video | Matrox® G200eW w/8MB memory |
| Remote Management | N/A |
| Systems Management | Dell OpenManage™ BMC, IPMI 2.0 compliant Unified Server Configurator |
| Operating Systems | Microsoft® Windows® Small Business Server 2011 Microsoft® Windows Server® 2008 R2 Foundation Microsoft® Windows Server® 2008 SP2, x86/x64 (x64 includes Hyper-V™) Microsoft® Windows Server® 2008 R2, x64 (includes Hyper-V™ v2) Novell® SUSE® Linux® Enterprise Server Red Hat® Enterprise Linux ® For more information on the specific versions and additions, visit www.dell.com/OSsupport . |
| Featured Database Application | Microsoft® SQL Server® solutions (see Dell.com/SQL) |

Anexo “E”: Especificaciones técnicas de la Raspberry Pi Modelo B

| | |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Target Price | US\$35 |
| SoC | Broadcom BCM2835 (CPU + GPU + SDRAM) |
| CPU | 700 MHz ARM11 ARM1176JZF-S core |
| GPU | Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0, OpenVG 1080p30 H.264 high-profile encode/decode |
| Memory | 256 MiB SDRAM |
| USB 2.0 Ports | 2 (via integrated USB hub) |
| Video outputs | Composite RCA, HDMI |
| Audio outputs | 3.5 mm jack, HDMI |
| Onboard storage | SD / MMC / SDIO card slot |
| Low-level peripherals | General Purpose Input/Output (GPIO) pins, Serial Peripheral Interface Bus (SPI), I ² C, I ² S[2], Universal asynchronous receiver/transmitter (UART) |
| Onboard network | 10/100 wired Ethernet RJ45 |
| Real-Time clock | None |
| Power ratings | 700mA, (3.5 Watt) |
| Power Source | 5V via Micro USB or GPIO header |
| Size | 5.60mm x 53.98mm x 17mm |
| Temperature range | LAN9512 (from 0°C to 70°C) / AP (from -40°C to 85°C) |
| Supported OS'es | Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux |

**Anexo “F”: Especificaciones técnicas del Adaptador Inalámbrico
Wi-Fi USB Edimax EW-7811Un**

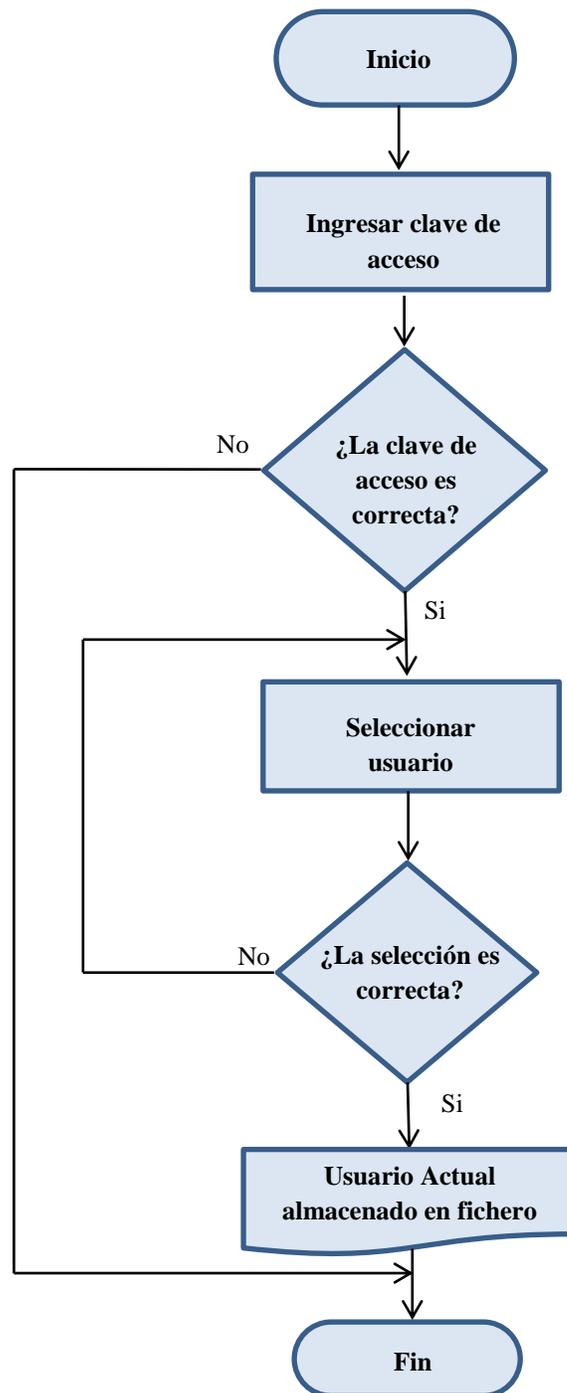
| | |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HARDWARE INTERFACE | <ul style="list-style-type: none"> • 1 USB 1.0/2.0 Type A • Internal Antenna |
| STANDARD | IEEE802.11b, 802.11g, 802.11n |
| FREQUENCY BAND | 2.4000~2.4835GHz (Industrial Scientific Medical Band) |
| DATA RATE | <ul style="list-style-type: none"> • 11b: 1/2/5.5/11Mbps • 11g:6/9/12/24/36/48/54Mbps • 11n (20MHz): MCS0-7 (up to 72Mbps) • 11n (40MHz): MCS0-7 (up to 150Mbps) |
| INSTALLATION | Multi-language EZmax Setup Wizard |
| LED & DIMENSION | <ul style="list-style-type: none"> • Link/Activity • 7.1(H) x 14.9 (W) x 18.5 (D) mm |
| SECURITY | <ul style="list-style-type: none"> • WEP 64/128, WPA, WPA2, and IEEE802.1x • Software WPS configuration |
| OUTPUT POWER | <ul style="list-style-type: none"> • 11b:17 ± 1.5dbm • 11g:b:15 ± 1.5dbm • 11n:14 ± 1.5dbm |
| HUMIDITY & TEMPERATURE | <ul style="list-style-type: none"> • Operating : 10~90% (Non Condensing) • Storage : Max. 95% (Non Condensing) • Operating : 32~104°F (0~40°C) • Storage : -4~140°F (-20~60°C) |
| SYSTEM REQUIREMENTS | <ul style="list-style-type: none"> • Windows XP/Vista/7 / 8 • Linux & Mac OS |
| RECEIVE SENSITIVITY | <ul style="list-style-type: none"> • 11n(20MHz)@MCS7: -68dBm±2dBm • 11n(40MHz)@MCS7: -64dBm±2dBm • 11g@54Mbps: -71dBm±2dBm • 11b@11Mbps: -81dBm±2dBm |
| CERTIFICATIONS | CE, FCC , WiFi |
| POWER | USB powered |

Anexo “G”: Direccionamiento de la Red.

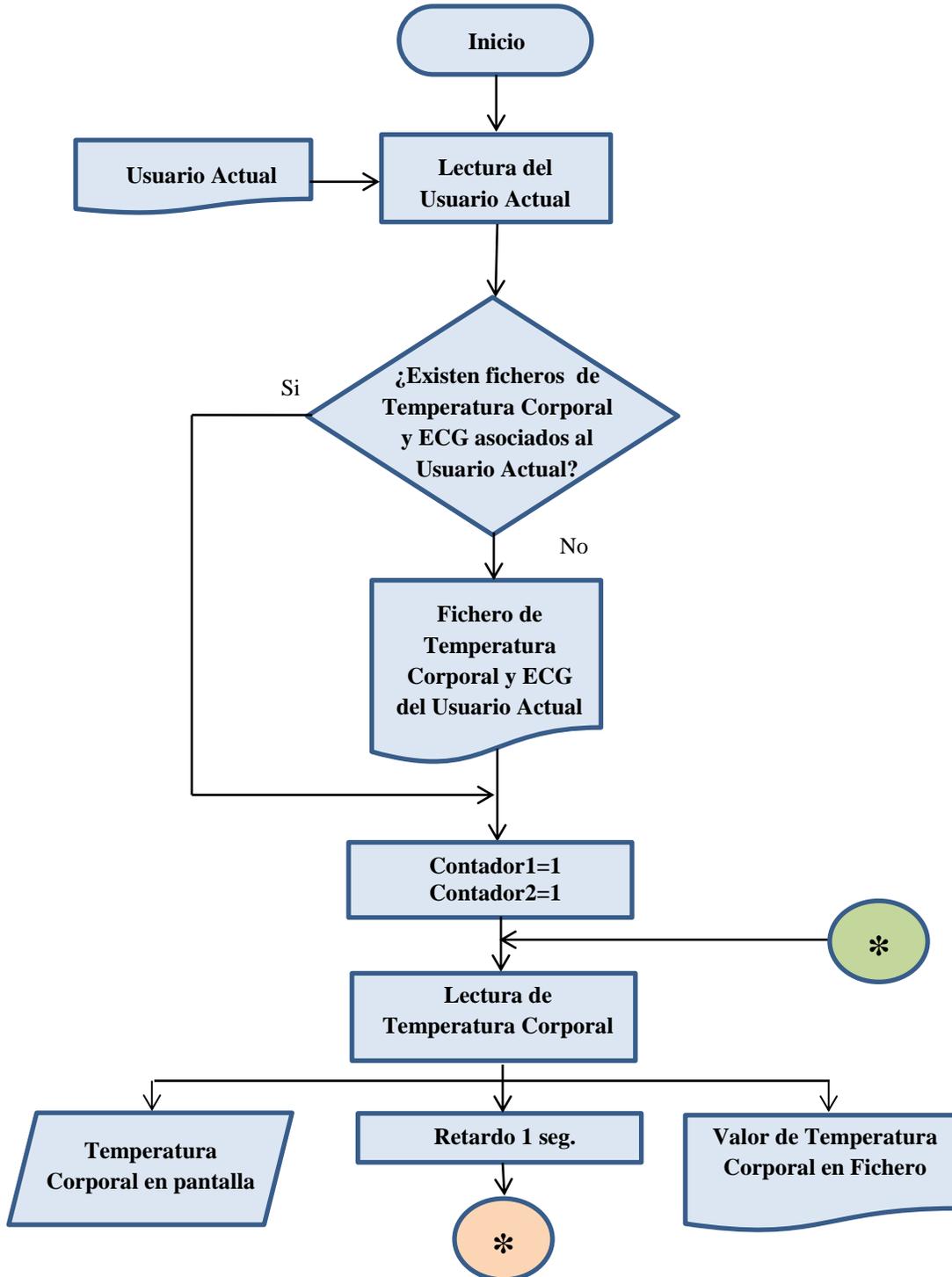
| | |
|-------------------------------------------|--------------------|
| Dirección de Red | 192.168.0.0 |
| Clase | C |
| Cantidad de bits de host | 7 |
| Cantidad de bits de red | 25 |
| Primer host | 192.168.0.1 |
| Ultimo Host | 192.168.0.126 |
| Dirección de Broadcast | 192.168.0.127 |
| Cantidad total de hosts permitidos | 126 |
| Máscara de Red | 255.255.255.128/25 |
| Protocolo utilizado | DHCP |

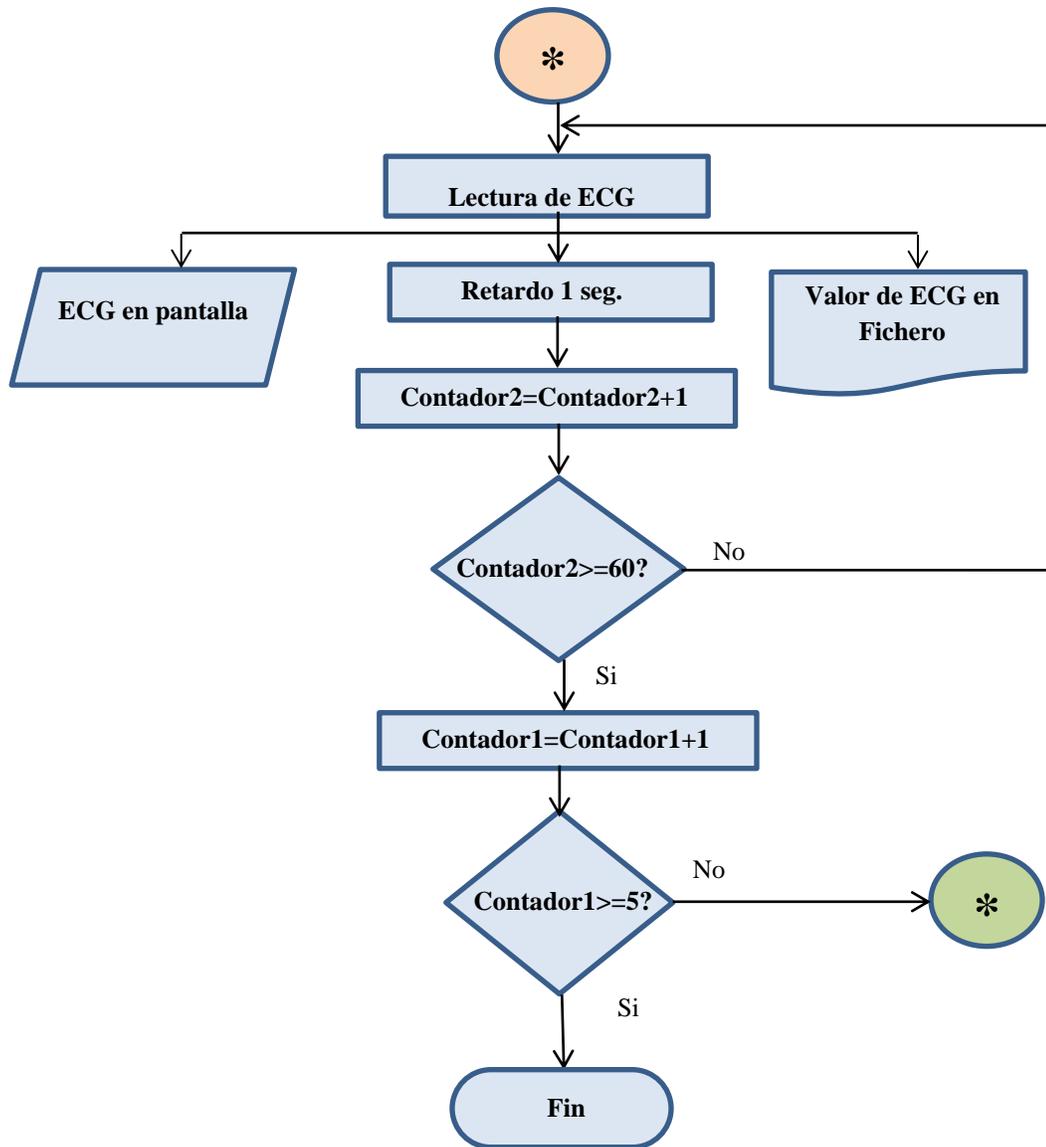
*La configuración IP de cada host será suministrada de manera automática mediante el protocolo de configuración de host dinámico DHCP, el cual asigna automáticamente: Dirección Ip, Mascara de Red, Gateway y DNS. El único host que será configurado de manera manual será el Servidor, cuya dirección Ip debe ser fija.

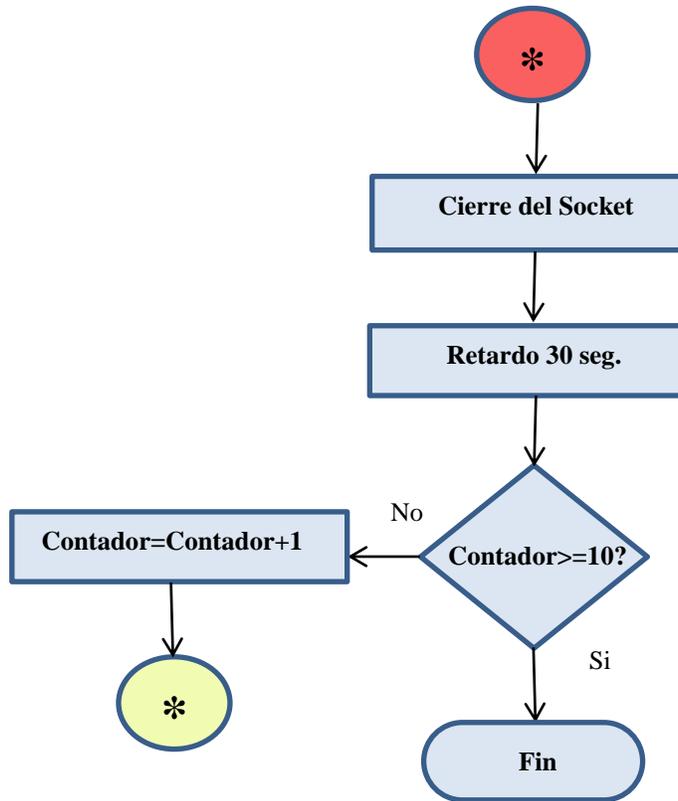
Anexo “H”: Diagrama de Flujo de la aplicación para la selección de los diferentes usuarios de la unidad de monitoreo



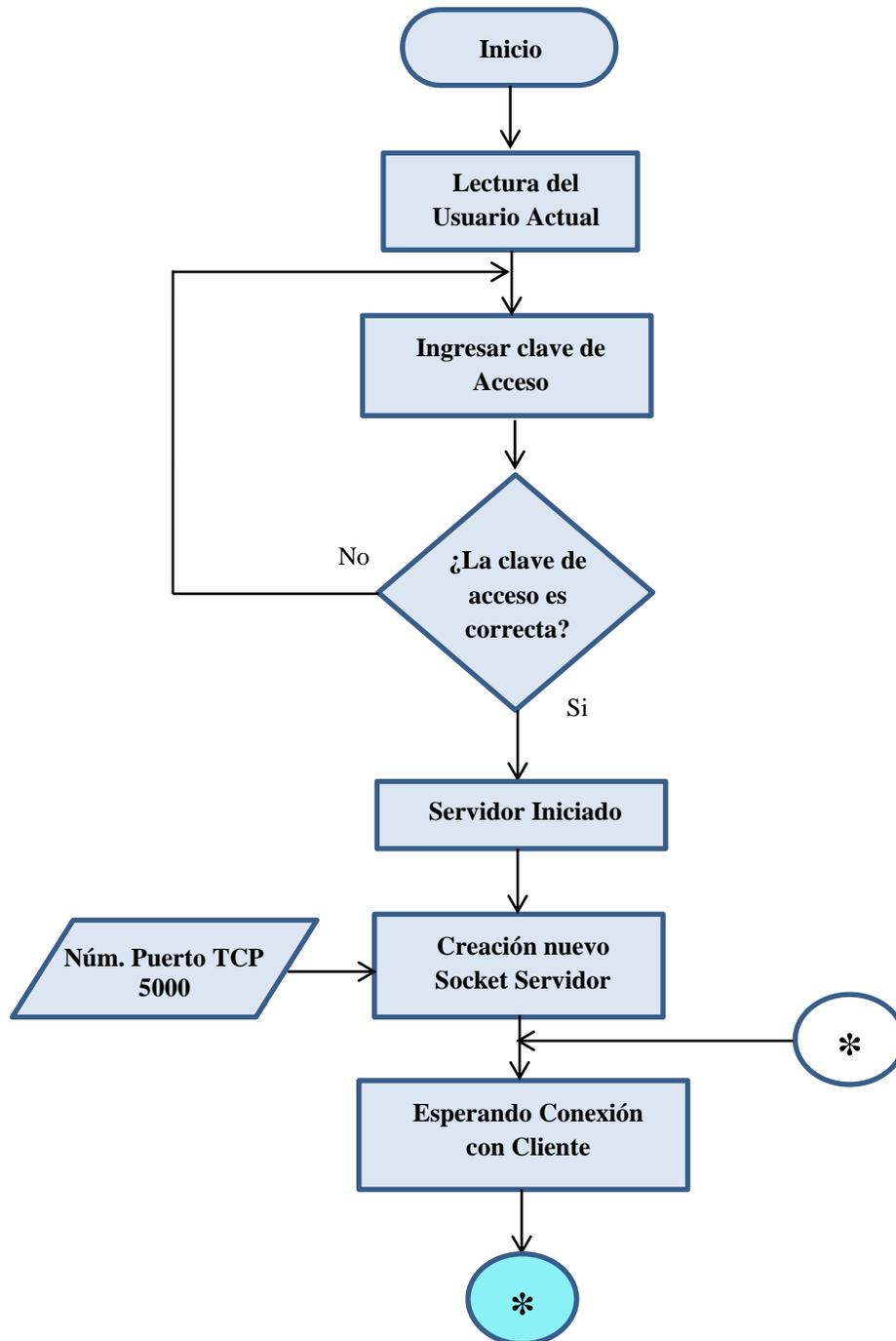
Anexo “I”: Diagrama de Flujo de la aplicación para la lectura de los parámetros médicos

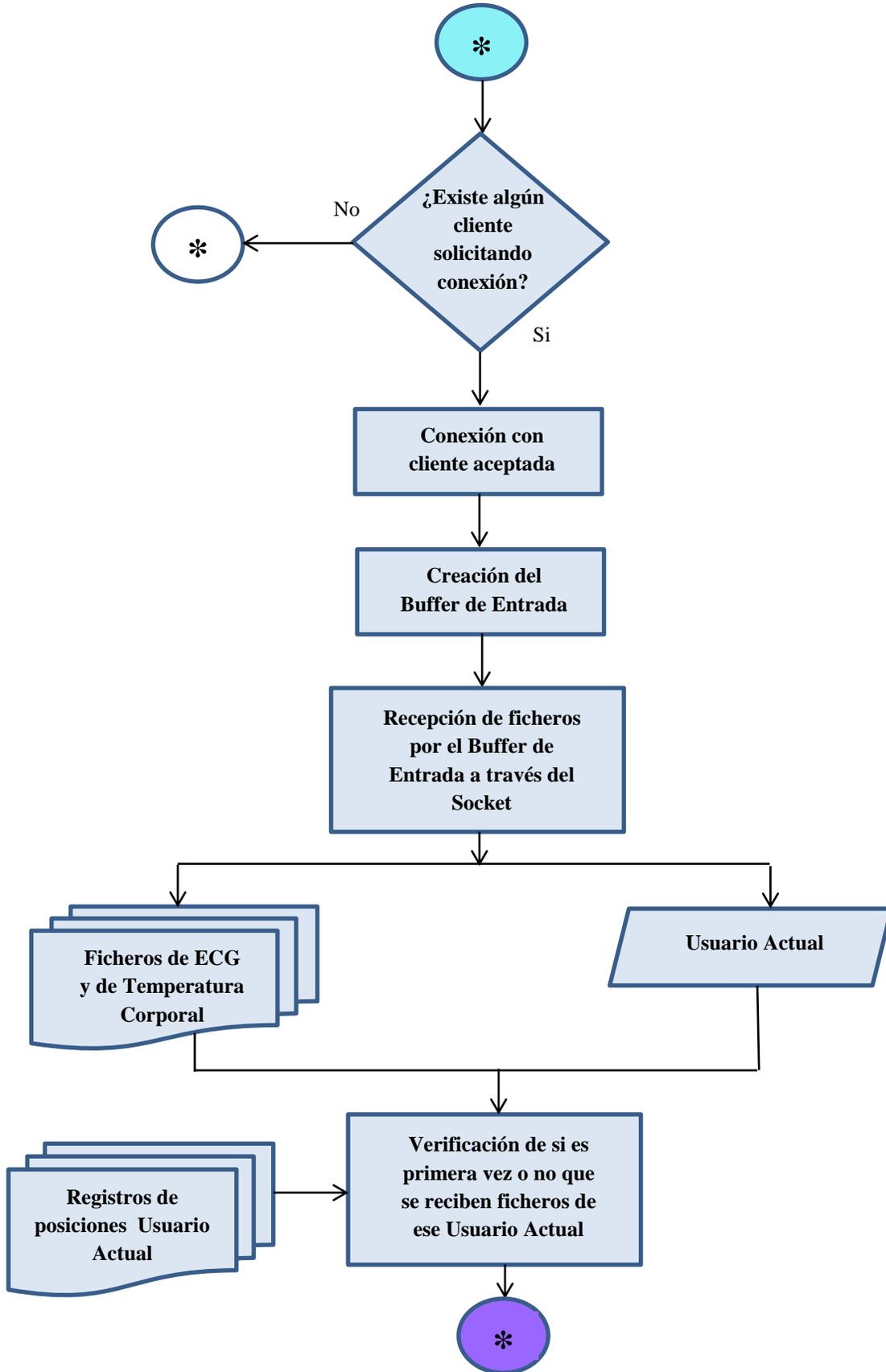


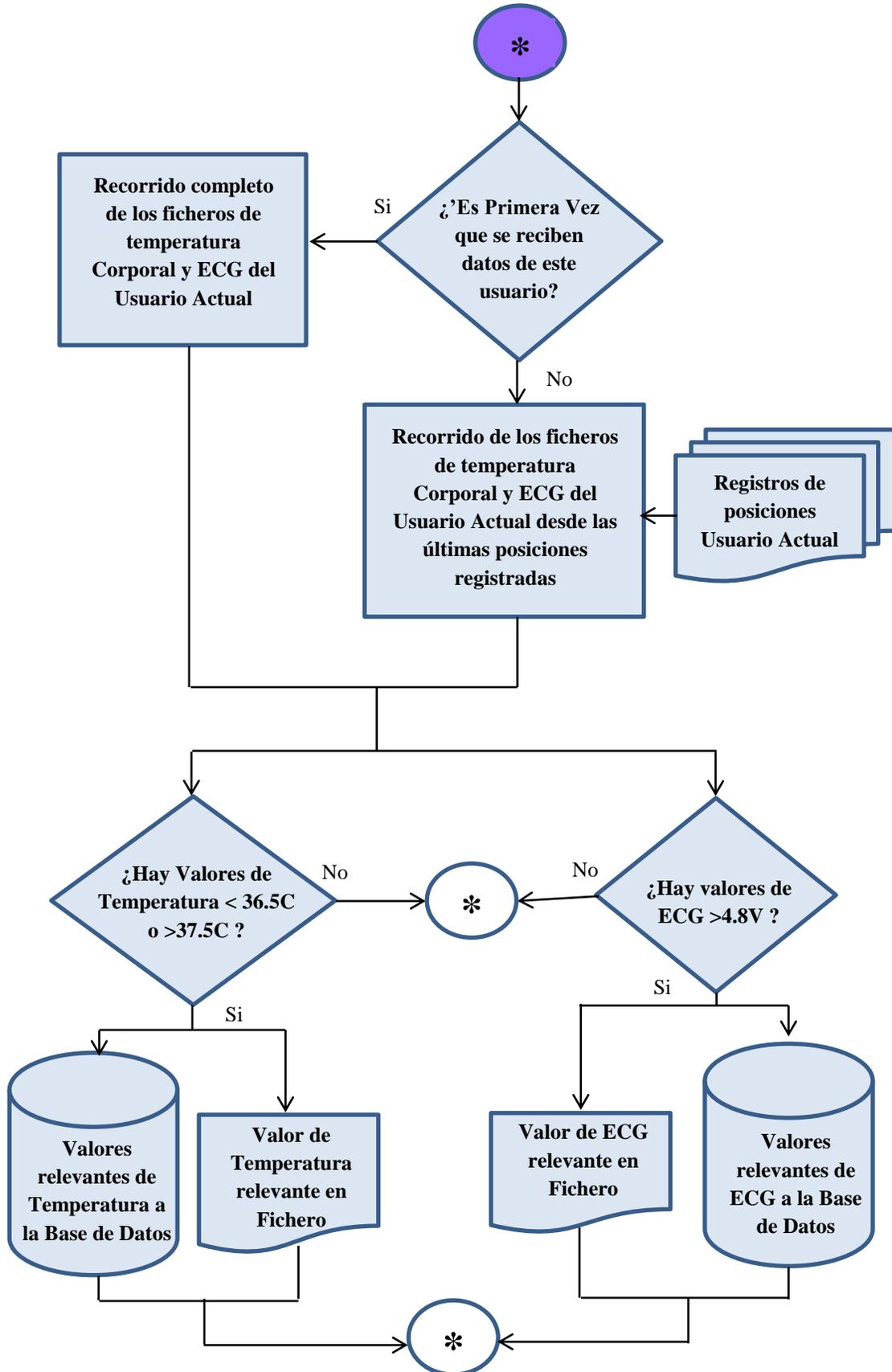




Anexo “K”: Diagrama de Flujo de la aplicación “Servidor” del Socket TCP para la recepción de los parámetros médicos







DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO DE SIGNOS VITALES PARA EVALUACIONES MÉDICAS EN ATLETAS DE ALTO RENDIMIENTO

Armando Abdías González Cisneros

armandoa_gonzalezc@hotmail.com

Universidad Católica Andrés Bello

Resumen:

En el presente Trabajo Especial de Grado se diseñó y desarrollo un sistema de monitoreo inalámbrico que permite la visualización remota de parámetros médicos presentes en atletas de alto rendimiento durante sus evaluaciones médicas. Este sistema se diseñó para optimizar el proceso de evaluación médica deportiva, de tal manera que el atleta cuente con la posibilidad de ser monitoreado mientras cumple con su entrenamiento físico, trayendo como beneficios un control médico más frecuente e independiente, con lo que se propone mejorar los mecanismos de prevención de lesiones y posibles enfermedades.

Este sistema cuenta con una Unidad de Monitoreo capaz de leer y registrar 10 parámetros médicos diferentes, los cuales son transmitidos inalámbricamente a través de una red local hasta llegar al servidor, donde son almacenados en una base de datos y analizados con la finalidad de detectar posibles valores fuera del rango normal del funcionamiento corporal. Durante el desarrollo de este sistema se utilizaron múltiples herramientas y tecnologías como C++, MySQL, Java, PHP, Sockets TCP/IP, Redes WLAN, Wi-Fi, entre otros, cuya unión dan como resultado un sistema inalámbrico eficaz, eficiente y seguro.

Además, el sistema ofrece una interfaz gráfica de fácil administración en donde el médico puede visualizar remotamente la data que está siendo monitoreada en el atleta, mientras éste realiza su entrenamiento.

Palabras clave: Sistema Inalámbrico, Parámetros Médicos, Signos Vitales, Monitoreo, Atleta de Alto Rendimiento.

Abstract:

In this special work degree was designed and developed a wireless monitoring system that allows remote viewing of medical parameters present in elite athletes during their medical evaluations. This system was designed to optimize the sports medical evaluation process, so that the athlete has the ability to be monitored while performing physical training, bringing in profits most frequent and independent medical checks and independent, which aims to improve mechanisms of injury prevention and possible diseases .

This system has a monitoring unit able to read and record 10 different medical parameters, which are transmitted wirelessly through a local network to reach the server,

where they are stored in a database and analyzed in order to detect possible values outside the normal range of body functions. During the development of this system were used multiple tools and technologies such as C , MySQL , Java , PHP , Sockets TCP / IP , WLAN networks , Wi -Fi , among others, whose union gives as a result an effective, efficient and secure wireless system. In addition, the system offers a friendly and intuitive graphical interface where the doctor can visualize the data remotely being monitored in the athlete, as he takes his training .

Keywords: Wireless System, Medical Parameters , Vital Signs Monitoring, High Performance Athlete .

1.- Introducción:

El deporte, es uno de los elementos más influyentes en las sociedades existentes que constituyen el mundo que vivimos. Este, tiene un papel determinante en la cultura y tradiciones que definen a nuestras naciones, mejoran la salud y calidad de vida de las personas, ofrece una importante fuente de entretenimiento y fomenta en niños, adolescentes y adultos valores de competitividad y disciplina que mejoran las estructuras y actitudes sociales. Además, es utilizado como un medio para disminuir la violencia y delincuencia en la sociedad

Son muchas las disciplinas del deporte que hoy en día se practican con carácter profesional, las cuales, son llevadas a cabo por profesionales denominados “atletas de alto rendimiento” que cumplen con determinadas aptitudes, cualidades y características físicas, que lo hacen adecuado para la realización de este tipo de actividades.

Estos atletas, son sometidos a evaluaciones médicas que permiten determinar el estado de salud en general de los mismos, explorar sus capacidades físicas y funcionales, así como también poder prevenir futuras lesiones y/o enfermedades. Normalmente, estas pruebas son realizadas únicamente 6 semanas antes de las temporadas deportivas o, en el mejor de los casos, se realizan antes y después de ellas.

Ante el alto nivel de desgaste físico que día a día experimentan estos atletas y la poca frecuencia con que se realizan estas evaluaciones médicas, el atleta es mucho más propenso a sufrir lesiones lo que puede poner en riesgo la carrera y en muchos casos la vida del atleta.

La finalidad de este Trabajo Especial de Grado es diseñar y desarrollar una sistema de monitoreo inalámbrico que permita ser utilizado como herramienta para facilitar el proceso de evaluación deportiva mediante la utilización de las tecnologías de información existentes en la actualidad. Este sistema contará con una Unidad de Monitoreo capaz de leer y registrar 10 parámetros médicos diferentes, los cuales son transmitidos inalámbricamente a través de una red local hasta llegar a un servidor, donde son almacenados en una base de datos y analizados con la finalidad de detectar posibles valores fuera del rango normal del funcionamiento corporal. Dicho sistema también contará con interfaz gráfica de fácil administración, mediante la cual el médico podrá consultar y analizar en el momento deseado el desempeño físico del atleta.

Por último se presentarán los diferentes modos de implementación que soporta este sistema, así como también un análisis de costos para conocer la factibilidad del proyecto.

2.- Planteamiento del Problema:

En el campo de la medicina del deporte, los exámenes médicos deportivos, también conocidos como revisiones médicas deportivas, ayudan a determinar si es o no seguro que una persona practique determinado deporte. Este tipo de evaluaciones tienen como finalidad monitorear el entrenamiento, valorar sus progresos o dificultades, detectar condiciones que puedan predisponer a lesiones músculoesqueléticas y/o condiciones que puedan amenazar la vida o incapacitar al atleta, como por ejemplo riesgos de eventos cardiovasculares y en particular la muerte súbita por causa cardíaca, casos que han alarmado al mundo del deporte en los últimos años con la pérdida de numerosos atletas.

El examen médico deportivo es de suma importancia, ya que el mismo puede ayudar a identificar y tratar problemas de salud que podrían interferir con determinadas prácticas deportivas. El médico a cargo, también puede dar algunos consejos para el entrenamiento e indicar cómo evitar posibles lesiones. Normalmente es aconsejable que el atleta se someta a estas pruebas 6 semanas antes de las respectivas competiciones en las que se desenvuelve. En muchos casos estas evaluaciones solo se realizan antes y después de cada temporada deportiva, lo que deriva en que no se lleve una continua vigilancia médica sobre el atleta, haciéndolo más propenso a sufrir lesiones y situaciones lamentables.

Dicho esto, y con propósito de brindarle al personal médico una herramienta que permita facilitar la evaluación médica a los atletas de alto rendimiento, surge la iniciativa de este Trabajo Especial de Grado que se basa en diseñar y desarrollar un sistema prototipo, que combine las tecnologías existentes y que

permita monitorear a distancia los signos vitales de los atletas. Este sistema, contará con un dispositivo que permita obtener dicha data de los pacientes, y le ofrezca al personal médico posibilidad de visualizar en una interfaz sencilla y agradable las mediciones que se están realizando remotamente en el atleta. Este sistema también permite la posibilidad de poder resguardar los datos leídos en el paciente con la finalidad de poder realizar análisis posteriores a las evaluaciones médicas y poder tener un mejor seguimiento periódico del atleta.

3.- Objetivo General

Diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo inalámbrico de signos vitales para evaluaciones médicas en atletas de alto rendimiento.

4.- Objetivos Específicos

- ✓ Estudiar y definir los conceptos e información necesaria para el diseño e implementación del sistema.
- ✓ Seleccionar los elementos de *hardware* y *software* adecuados a las necesidades del proyecto.
- ✓ Diseñar la red telemática que permita una conexión Cliente-Servidor del sistema.
- ✓ Desarrollar una base de datos que permita almacenar la data leída por el sistema.
- ✓ Diseñar y desarrollar una aplicación que permita visualizar los signos vitales del atleta.

5.- Marco Referencial

4.1.- Evaluaciones Médicas Deportivas

La evaluación médica deportiva consiste en una revisión médica preventiva que tiene como fin determinar el estado de salud del atleta, que además permite detectar condiciones que puedan predisponer los atletas lesiones músculoesqueléticas y a condiciones que puedan amenazar o incapacitar la vida del individuo. (Galeus, 2010)

Las evaluaciones médicas constan de 2 partes las cuales son:

- **La historia médica:** es toda aquella información documentada que provee al médico el conocimiento de todos los antecedentes médicos del paciente
- **La evaluación física:** es aquella exploración física en la que el médico examina diversas características relacionados con las características físicas y funcionales del paciente, las cuales normalmente suelen incluir pruebas de esfuerzo físico.

4.2.- Los signos vitales

Los signos vitales son mediciones de las funciones más básicas del cuerpo, es decir las señales o manifestaciones de vida que presenta un ser humano con vida. Frecuentemente son tomados por médicos y profesionales de salud. Los principales signos vitales son:

- Presión Arterial
- Respiración
- Pulso
- Temperatura

4.3.- Redes Inalámbricas

Son redes en la que dos o más terminales se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable, las cuales se basan en la transmisión de información mediante un enlace que usa ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos. Con las redes inalámbricas, un usuario puede mantenerse conectado cuando se desplaza dentro de una determinada área geográfica. (Soyinka, 2010)

Se clasifican según su cobertura de 4 maneras:

- **WPAN:** Son redes inalámbricas de área personal las cuales enfocan sus sistemas de comunicación en un área típica de 10 metros a la redonda.
- **WLAN:** Son redes muy utilizadas como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de éstas, con un alcance aproximado de cien metros en interiores y varios kilómetros en exteriores, ofreciendo velocidades desde 1MB/s hasta 54 MB/s.
- **WMAN:** Estas redes ofrecen una velocidad total efectiva de 1 a 10 Mbps (banda ancha), con un alcance que dan cobertura a un área geográfica extensa de entre 4 a 10 kilómetros.
- **WWAN:** Las redes inalámbricas de área extensa tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas, las cuales usan tecnologías de red celular de comunicaciones móviles.

4.4.- Topología de una red

La topología de una red representa la disposición de los enlaces que conectan los nodos de una red. Las redes pueden tomar muchas formas diferentes dependiendo de cómo están interconectados los nodos.

Existen 2 maneras de definir la topología de una red: física o lógica. La topología física se refiere a la configuración de cables, antenas, computadores y otros dispositivos de red, mientras la topología lógica hace referencia a un nivel más abstracto, considerando por ejemplo el método y flujo de la información transmitida entre nodos.

4.5.- Wi-Fi

Wi-Fi es una marca de la Wi-Fi Alliance y es un mecanismo de conexión que permite que diferentes dispositivos electrónicos se conecten a las redes de comunicación a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso tiene un alcance limitado, el cual es mucho mayor en espacios libres que en interiores (aproximadamente unos 20 m).

Este mecanismo se basa en los estándares 802.11 sobre redes inalámbricas de área local y es totalmente compatible con todos los servicios de las redes locales (LAN) de cable.

Existen varios tipos de Wi-Fi, basado cada uno de ellos en el estándar IEEE 802.11. los cuales son IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n y IEE 802.11a.

Los mecanismos de autenticación y cifrado que permiten garantizar la seguridad de estas redes inalámbricas son WEP, WPA, WPA2 y IPSEC. (Cabeza & Gonzalez, 2010)

4.6.- Arquitectura Cliente Servidor

Esta arquitectura consiste básicamente en que un demandante (cliente) realiza peticiones a otro programa (el servidor) que le da respuesta. La separación entre cliente y servidor es una separación de tipo lógico, donde el servidor no se ejecuta necesariamente sobre una sola máquina ni es necesariamente un sólo programa. (Berson, 1996)

4.7.- Sockets

Los sockets son mecanismos de comunicación entre procesos que pueden encontrarse en una misma o en diferentes máquinas de una red. Normalmente se usan en forma cliente-servidor y existen 2 tipos principales de ellos: el protocolo de datagramas de usuario (UDP) y los que utilizan el protocolo de control de la transmisión (TCP).

4.8.- Enrutador (*Router*)

Es un dispositivo para la interconexión de redes informáticas que opera en la capa 3 del modelo OSI y permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos. (Ariganello, 2007)

4.9.- Conmutador (*Switch*)

Es un dispositivo que opera en la capa 2 del modelo OSI y su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes (bridges), pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red. (Ariganello, 2007)

4.10.- Punto de Acceso (*Access Point*)

Los puntos de acceso (denominados también estaciones base o WAP) son dispositivos que proporcionan acceso

inalámbrico a una red Ethernet con cable. (Microsoft, 2012)

4.11.- Ordenadores de placa reducida

Un ordenador de placa reducida (SBC) es un ordenador completo construido en una sola placa de circuito, con microprocesador, memoria, puertos de entrada/salida y otras características requeridas de un ordenador funcional.

4.12.- C++

Es un lenguaje de programación versátil, potente y general orientado a objetos que surgió como la intención de extender al exitoso lenguaje de programación C.

4.13.- Java

Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos y basado en clases que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible.

4.14.- PHP

PHP (acrónimo de PHP: *Hipertext Preprocesor*) es un lenguaje interpretado de alto nivel embebido en páginas HTML, de programación del lado del servidor, gratuito e independiente de plataforma, rápido, con una gran librería de funciones y mucha documentación, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. (PHP Group, 2013)

4.15.- Bases de Datos

Una base de datos se puede definir como un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada. Desde el punto de vista de la informática, la base de datos es un sistema

formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos.

Los principales tipos de bases de datos son: MySQL, PostgreSQL, Access y Microsoft SQL Server.

5.- Metodología

Para llevar a cabo el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo propuesto y así mismo culminar con éxito los objetivos propuestos, fue necesario plantear una metodología de trabajo, la cual se divide en 3 fases fundamentales:

5.1.- Fase I: Levantamiento de Información

Con la finalidad de obtener una base de conocimientos teóricos necesarios para poder realizar correctamente el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo planteado, se realizó una investigación bibliográfica referente a temas de diversa índole como redes y tecnologías inalámbricas, tipos de topologías de red, elementos de una red inalámbrica, arquitecturas cliente/servidor, bases de datos y otros. Además también se realizó una selección de diversos dispositivos y tecnologías a utilizar en el sistema de monitoreo planteado.

5.2.- Fase II: Diseño y Desarrollo del sistema

Inicialmente, en esta fase se realizó un diagrama general del sistema planteado, de cada a poder identificar los elementos

principales que lo conforman., de lo que se dedujo que se necesitaban 3 elementos principales en el sistema: una Unidad de Monitoreo, un Servidor y la Conexión Inalámbrica Unidad de Monitoreo – Servidor.

Seguido a esto, se diseñó una topología red telemática de tipo WLAN infraestructura jerárquica. Previamente analizó los diversos tipos de redes y tecnologías inalámbricas existentes para determinar cuáles eran las más adaptadas a las necesidades del proyecto. También, se escogieron los dispositivos que darán funcionamiento a dicha red telemática.

Posterior a esto, se procedió a desarrollar cada uno de los elementos del sistema. En este proceso se prepararon y configuraron todos los elementos que se definieron inicialmente en esta fase. Además se desarrollaron las aplicaciones que dan funcionamiento a cada uno de estos elementos las cuales fueron realizadas mediante los lenguajes de programación C++ y Java.

Además, se realizó un socket TCP/IP para la transmisión de los datos desde la Unidad de Monitoreo hasta el servidor.

Luego, se diseñó y desarrollo una base de datos de cara a resguardar todos los parámetros médicos con valores críticos o anormales leídos por la unidad de monitoreo en el atleta.

Por último, se procedió a diseñar y elaborar una página web mediante el lenguaje de programación PHP con la finalidad de ofrecerle al personal médico una interfaz gráfica de fácil administración para poder visualizar remotamente los parámetros médicos leídos en el atleta así como también consultar los valores críticos almacenados en la base de datos.

5.3.- Pruebas de Funcionamiento y análisis de costos

En esta última fase del proyecto se procedió a realizar las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema de monitoreo, con la finalidad de corroborar el buen funcionamiento, detectar las posibles fallas que puedan surgir y presentar soluciones, las cuales se realizaron en un ambiente no clínico en las instalaciones de la Universidad Católica Andrés Bello. Luego haber realizado dichas pruebas, se procedió a analizar los resultados obtenidos y a realizar un presupuesto que incluya los costos de todos los elementos presentes en el sistema de monitoreo y determinar la factibilidad económica de dicha implementación.

6.- Desarrollo

En el siguiente capítulo, se podrá encontrar de manera detallada cada una de las actividades que se realizaron durante el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, las cuales permiten cumplir con los objetivos planteados del proyecto. Dichas actividades, están divididas en 3 fases, las cuales fueron expuestas anteriormente.

6.1.- Fase I: Investigación Bibliográfica

6.1.1.- Revisión Bibliográfica

Con la finalidad de obtener una base de conocimientos teóricos necesarios para poder realizar correctamente el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo planteado, se realizó una investigación bibliográfica de temas de diversa índole, la cual puede observada en el Capítulo II de este Trabajo Especial de Grado. Dicha investigación se realizó a través de la consulta de libros, manuales e instructivos, páginas webs, artículos y publicaciones electrónicas, entre otros.

6.1.2.- Selección de Componentes

Inicialmente, se procedió a determinar un dispositivo permita la lectura de múltiples parámetros médicos del atleta, como lo son: temperatura, presión arterial, actividad eléctrica del corazón, actividad eléctrica de los músculos, flujo de aire respiratorio, y otros.

Dicha búsqueda arrojó 2 posibles dispositivos: la e-Health Sensor Shield V2.0 y el Módulo multiparamétrico Goldwei modelo MGW830 6-en-1. Al analizar las características se decidió escoger la e-Health Sensor Shield V.2.0 para Arduino y Raspberry Pi, la cual es una plataforma de monitorización médica abierta que permite a los usuarios de las plataformas Arduino y Raspberry Pi realizar aplicaciones biométricas y de vigilancia médica del cuerpo mediante el uso de 10 sensores diferentes.



Figura 1: e-Health Sensor Shield V2.0

Fuente: www.cooking-hacks.com

Posterior a ello se procedió a seleccionar una de las placas para la cual está diseñada esta tarjeta multiparamétrica. Para ello, se hizo un análisis de las características de la placa Arduino y de la placa Raspberry para conocer cuál de ellas se adapta mejor a las necesidades del proyecto, de lo cual, se seleccionó la Raspberry gracias a su superior rendimiento

frente a Arduino por una diferencia de costo despreciable.

También se seleccionó una tarjeta denominada Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge, la cual es una placa que necesita la Raspberry Pi para ser conectada a la e-Health Sensor Shield V2.0. Dicha tarjeta permite conectar a la Raspberry Pi cualquier tipo de placa o módulo especialmente para Arduino.

6.2.- Fase 2: Diseño y Desarrollo

6.2.1.- Esquema de la estructura básica del sistema

Para obtener una mayor organización y desarrollar de un modo más óptimo el diseño del sistema de monitoreo inalámbrico, se procedió a elaborar un esquema básico con la estructura deseada, en el cual se lograron identificar aquellos elementos primordiales que en conjunto, darán vida y funcionamiento al sistema, el cual puede ser observado en la siguiente figura:

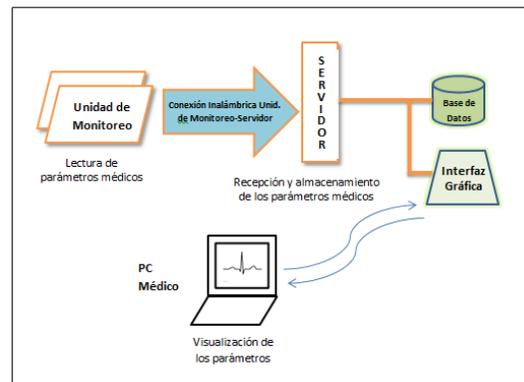


Figura 2: Esquema Básico del sistema de monitoreo Inalámbrico

Fuente: Elaboración Propia

De dicho esquema se dedujo que se necesitaban 3 elementos claves en el sistema, los cuales son:

- **Una unidad de monitoreo:** este dispositivo, el cual se considera el más importante del sistema, es el encargado de leer y capturar los parámetros médicos en el atleta, y posteriormente transmitir de manera inalámbrica toda la información recolectada en el atleta hacia el servidor.
- **Un servidor:** elemento el cual tendrá la funcionalidad de recibir la información leída por la unidad de monitoreo, procesarla, almacenarla y finalmente ofrecer un servicio mediante el cual el personal médico pueda visualizar de manera eficaz y agradable los signos vitales del atleta.
- **Conexión Inalámbrica Unidad de Monitoreo Servidor:** se refiere los métodos y tecnologías inalámbricas aplicadas para transmitir de manera correcta y segura, la información recolectada por la unidad de monitoreo.

6.2.2.- Diseño de la red telemática

Posteriormente se procedió a diseñar una topología de red inalámbrica genérica, adaptada a las necesidades del proyecto en desarrollo. Para dicho diseño se compararon los diferentes tipos de redes inalámbricas y tecnologías existentes, para seleccionar la más adecuada al proyecto. Como resultado de este análisis, se definió que la red del sistema sería una red WLAN de tipo infraestructura jerárquica y la cual funcionará bajo la tecnología Wi-Fi. Para preservar la seguridad nuestra red, se definió

el mecanismo de encriptación y autenticación WPA.

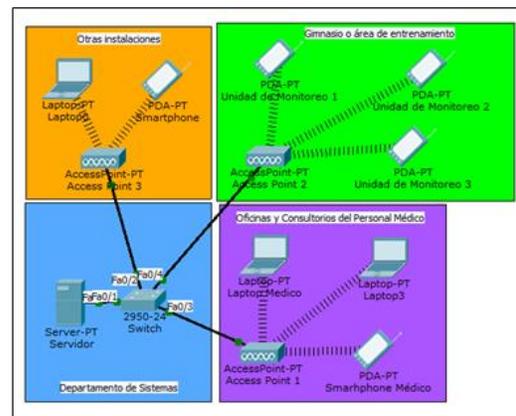


Figura 3: Topología de red genérica para el sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración propia

6.2.3- Diseño y Desarrollo de los elementos del sistema

6.2.3.1.- La Unidad de Monitoreo

La unidad de monitoreo es definida como el dispositivo conformado por conjunto de elementos tanto de hardware como de software de vanguardia, destinados únicamente a la lectura de los parámetros médicos del atleta y posteriormente la transmisión inalámbrica de dichos datos. A continuación, se describe detalladamente la estructura de este dispositivo:

Hardware: La estructura a nivel de hardware de la unidad de monitoreo está compuesta básicamente por 9 componentes físicos, los cuales fueron seleccionados minuciosamente durante la fase 1 del proyecto. Dichos elementos son:

- Una Raspberry Pi Modelo B
- e-Health Sensor Shield V2.0
- Sensor de Temperatura Corporal

- Sensor de ECG
- Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge
- Tarjeta de almacenamiento SD – 8GB
- Adaptador USB Wi-Fi
- Adaptador de Voltaje para Raspberry Pi (Cargador micro USB)
- Cargador portátil Sony CP-ELS 2000 mAh.

Software: en este aspecto, la Unidad de Monitoreo consta de 3 aplicaciones, diseñadas y desarrolladas con las herramientas y lenguajes de programación adecuados, tomando en cuenta las necesidades de funcionamiento del dispositivo. Estas aplicaciones permiten a la Unidad de Monitoreo cumplir satisfactoriamente con las siguientes tareas:

- Lectura eficaz de los parámetros médicos.
- Capacidad de selección de múltiples usuarios (hasta 3 atletas en el caso de para las pruebas piloto).
- Conectividad y transmisión Inalámbrica de la información hacia el Servidor.

6.2.3.1.1.- Formateo de la tarjeta SD:

Este proceso se realizó con la finalidad de borrar el sistema operativo que viene precargado con las tarjetas SD de la Raspberry Pi, el cual normalmente es una versión no actualizada del mismo. Además, estas tarjetas SD's pueden venir con archivos corruptos. Con el fin de instalar una versión más actualizada del sistema operativo y eliminar dichos archivos corruptos se

procedió al formateo de la tarjeta SD mediante la herramienta SD Formatter V4.0.

6.2.3.1.2.- Instalación del sistema operativo de la Raspberry Pi

Una vez formateada la tarjeta SD, se descargó la última versión del sistema operativo Raspbianwheezy. Este sistema operativo puede ser encontrado en la sección “Downloads” de la página oficial de Raspberry, en la que se podrán encontrar los sistemas operativos más óptimos diseñados para esta placa. Finalizada la descarga, se procedió a instalar dicho sistema operativo en la tarjeta SD mediante la herramienta Win32 Disk Manager.

6.2.3.1.3.- Configuración de la Raspberry Pi

Con el sistema operativo instalado en la tarjeta SD, se dio paso a realizar el encendido de la Raspberry Pi y ejecutar su configuración básica. Para ello, se conectó a la Raspberry Pi todos los accesorios necesarios: Hub USB, Ratón, Teclado, Adaptador WiFi USB Edimax, Tarjeta SD con Raspbianwheezy, Fuente de Alimentación y respectivamente las tarjetas e-Health Sensor Shield V2.0 y Raspberry Pi to Arduino Shield Connection Bridge.

Esta configuración se hizo mediante la herramienta de configuración denominada “Raspi-Config”, la cual se ejecuta de manera automática una vez encendida por primera vez la Raspberry.

Con esta herramienta procedió a eliminar la partición de la tarjeta SD que se crea al instalar el sistema operativo, se configuró el teclado y el idioma del sistema en español y se ajustó la zona horaria a (UTC-04:30) Caracas. También se cambió usuario y password que trae la Raspberry Pi de fábrica para poder garantizar y evitar que

personas no deseadas tengan acceso a la Unidad de Monitoreo. También se realizó un *overclock* de la Raspberry Pi para obtener una mayor velocidad de procesamiento. Por defecto esta viene ajustada a los 600Mhz, y en este caso fue modificada para operar a una velocidad de 950Mhz.

6.2.3.1.4.- Configuración del Adaptador Wi-Fi USB Edimax

Con la finalidad de poder conectar la Unidad de Monitoreo a la red diseñada de manera inalámbrica, se realizó a través de la terminal de la Raspberry la configuración del Adaptador Wi-Fi USB, para lo cual fue necesario modificar el archivo de configuración de interfaces de red de la Raspberry y posteriormente crear el archivo de configuración inalámbrica en el cual se define el nombre de usuario y contraseña de nuestra red inalámbrica.

6.2.3.1.5.- Las librerías e-Health y arduPi

La e-Health Sensor Shield V2.0 cuenta con una librería de C++ denominada “e-Health library”, la cual permite leer de manera fácil y eficiente todos los sensores conectados a esta placa, la cual debe ser instalada en la Raspberry para poder hacer la lectura de parámetros médicos a través de los sensores médicos.

Además, la Raspberry Pi to Arduino Shield connection bridge dispone de una librería denominada “arduPi” que le permite a los desarrolladores usar el mismo código para ambas plataformas (Raspberry Pi y Arduino).

Dicho esto, se procedió a descargar ambas librerías de la página oficial de Cooking-Hacks. Una vez descargadas, se creó una carpeta llamada *Librerías* dentro del directorio */home/pi/* de la Raspberry,

donde fueron descomprimidas ambas librerías.

Posteriormente, se procedió a activar el puerto UART de la Raspberry Pi mediante la modificación de los archivos *cdmline* y *inittab* de esta placa.

6.2.3.1.6.- Calibración del Sensor de Temperatura Corporal

Con la finalidad de obtener mejores lecturas de temperatura, se procedió a realizar la calibración del sensor de temperatura. Para ello, se procedió realizar a mediante un multímetro, una medición de los valores de las resistencias R_a , R_b , y R_c . Dichos valores obtenidos fueron los siguientes: $R_a=4,63\text{Kohms}$, $R_b=818\text{ohms}$ y $R_c=4,70\text{ Khoms}$. En la siguiente figura se puede apreciar tanto la ubicación de estas resistencias en la placa e-Health Sensor Shield V2.0.

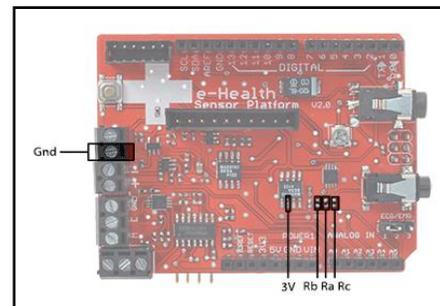


Figura 4: Localización de las resistencias R_a , R_b y R_c en la placa e-Health.

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos los valores de las resistencias R_a , R_b y R_c , se procedió a medir el voltaje entre los pines 3V y GND, señalados en la figura 4. Dicho voltaje obtenido fue de 2,988 V.

Finalmente, se abrió en la Raspberry Pi el archivo *eHealth.cpp*, el cual se generó en la carpeta */home/pi/Librerías* durante la

descarga e instalación de las librerías e-Health y arduPi. En dicho archivo se ubicó la función `getTemperature`, en el cual se observaron los valores de Ra, Rb, Rc y RefTension (tensión entre los pines 3V y Gnd) definidos por defecto. Estos valores fueron sustituidos por los nuevos valores anteriormente mediante el multímetro.

6.2.3.1.7.- Desarrollo de la aplicación destinada a la lectura de los parámetros médicos en el atleta

El diseño y la elaboración de la aplicación encargada de leer los parámetros médicos o signos vitales de interés presentes en el atleta a través de la Unidad de Monitoreo se realizó mediante el lenguaje de programación C++ y la interfaz de línea de comandos de la Raspberry Pi, mejor conocida como Terminal. Las lecturas de los parámetros médicos referentes a temperatura corporal y actividad eléctrica del corazón se obtuvieron mediante la utilización de las funciones `getECG()` y `getTemperature()`, contenidas en la librería e-Health ya descargada anteriormente. Los tiempos de ejecución entre cada lectura pueden ser configurados internamente desde el código del programa.

```

#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include <iostream>
#include <time>

//Declaración del procedimiento Proc_TEMP()
void Proc_TEMP(){
    FILE *miFlujo1;
    miFlujo1 = fopen("Temperatura.txt","a");
    if (miFlujo1 == NULL){
        printf("Error al abrir el archivo");
    }
    else{
        if(!feof(miFlujo1)){
            printf(miFlujo1,"a");
        }
        if(!feof(miFlujo1)){
            printf(miFlujo1,"Fecha,Valor\n");
        }
        float temperatura = health.getTemperature();
        printf("Temperatura : %f C\n", temperatura);
        char out[20];
        strftime_s(out, sizeof(out), "%Y/%m/%d %H:%M:%S", &time(&));
        delay(1000);
        printf(miFlujo1,"a\n");
        printf(miFlujo1,"a");
        printf(miFlujo1,"%f,temperatura\n", temperatura);
        fclose(miFlujo1);
    }
}

```

Figura 5: Desarrollo de la aplicación para la lectura de parámetros médicos

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se realizó el compilado de dicho programa mediante el compilador G++, de tal manera de obtener el ejecutable de nuestra aplicación.

6.2.3.1.8.- Desarrollo de la aplicación destinada selección de Atleta

Considerando el escenario de que la Unidad de Monitoreo pueda ser usada por varios atletas, se realizó una aplicación a través del lenguaje de programación Java, la cual ofrece al personal médico la posibilidad de realizar un cambio de usuario (en este caso atletas), de tal manera que la Unidad de Monitoreo pueda registrar y enviar de manera separada los parámetros médicos de diferentes atletas, que a fines de realizar las pruebas piloto, fue diseñada para una capacidad de uso de hasta 3 atletas diferentes. Esta aplicación cuenta con una clave de acceso alfanumérica, con la finalidad de evitar que personal no autorizado realice un cambio de usuario en el equipo.

6.2.3.2.- El Servidor

Al igual que la Unidad de Monitoreo anteriormente desarrollada, el servidor es uno de los pilares fundamentales del sistema. Su función, es recibir, procesar y almacenar toda la data leída en el atleta por la Unidad de Monitoreo. Además, el servidor debe ser capaz de brindar al personal médico, un servicio que proporcione interfaz gráfica que permita visualizar de manera eficaz y agradable, toda la data que está siendo monitoreada.

Tomando en cuenta la importancia que representa manejar datos como lo pueden ser registros clínicos que pueden influir de manera crítica en el diagnóstico de enfermedades o lesiones en un paciente, incluso prevenir situaciones irreversibles y

lamentables, es vital almacenar de manera segura y eficiente toda esta información.

Sabiendo esto y además, teniendo la necesidad de brindar al personal médico, un servicio que proporcione interfaz gráfica para la visualización de los parámetros médicos, se procedió a descargar la herramienta Xampp, la cual es una aplicación gratuita que proporciona un paquete que contiene un servidor web Apache, un gestor de base de datos MySQL, y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. Con esto se obtienen las herramientas adecuadas para el desarrollo de la base de datos deseada y una página web que sirva como medio para la visualización de los parámetros médicos monitoreados en el atleta.

6.2.3.2.1.- Diseño y desarrollo de la base de datos

Para el desarrollo de la base de datos del sistema de monitoreo planteado se utilizó la aplicación que dispone el Xampp denominada PhpMyAdmin, la cual es una herramienta escrita en PHP con la intención de manejar la administración de MySQL a través de páginas web, la cual permite la creación, administración y eliminación de bases de datos.

La base de datos que se diseñó, está compuesta por 2 tablas, una llamada Datos encargada de almacenar la información personal del atleta, en la que se incluyen campos como nombre, cédula, edad y dirección; y otra tabla denominada Valores, la cual almacena todos los parámetros médicos críticos referente a Temperatura y Actividad Eléctrica del corazón de cada atleta, en la que se incluyen campos de fecha, hora y valor de lectura de cada parámetro médico. Ambas tablas se

relacionan por medio de un ID único que posee cada atleta registrado en la base de datos. En la siguiente figura, se puede observar la base de datos creada:

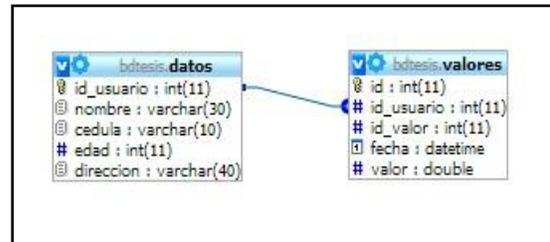


Figura 6: Base de datos del sistema

Fuente: Elaboración propia

6.2.3.2.2.- Diseño y desarrollo de la página web

A su vez, para el diseño de la página web planteada, la cual servirá como instrumento de visualización de los parámetros médicos, se procedió a la construcción de la misma mediante la herramienta Adobe DreamWeaver, una aplicación muy completa destinada a la construcción, diseño y edición de sitios, videos y aplicaciones web.

El lenguaje de programación seleccionado para el desarrollo de dicha página fue PHP. La visualización gráfica de los parámetros médicos leídos en el atleta se realizó mediante la herramienta Dygraphs, la cual es una rápida y flexible librería de gráficos JavaScript, la cual permite explorar e interpretar grandes conjuntos de datos.

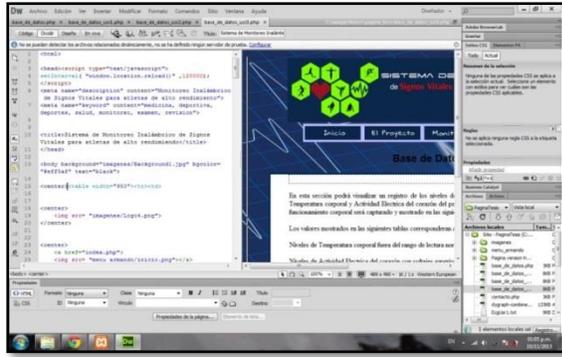


Figura7: Diseño de la página web mediante DreamWeaver

Fuente: Propia

Gracias a la capacidad de conexión que tiene PHP con la mayoría de bases de datos a esta característica, se procedió a desarrollar una sección dentro de la página diseñada que permita consultar los parámetros médicos críticos almacenados en la base de datos en el momento deseado.

Para garantizar la seguridad de la web diseñada, se plantea la utilización del Protocolo seguro de transferencia de hipertexto (HTTPS), el cual utiliza un cifrado basado en SSL/TLS para crear un canal cifrado para la transferencia segura de datos de Hipertexto, lo que garantiza toda información interceptada por personas ajenas a la red no puedan ser interpretada.

6.2.3.3.- Conectividad Unidad de Monitoreo-Servidor

La Unidad de Monitoreo debe ser capaz de transmitir a través del mecanismo de conexión inalámbrica WiFi, todos los parámetros médicos leídos y almacenados del atleta. Para ello, se procedió a realizar un socket TCP cliente-servidor en el lenguaje de programación Java, el cual se realizó mediante el entorno de desarrollo gratuito NetBeans. El número de puerto escogido para el socket en cuestión fue el 5000, el

cual es un puerto TCP de libre uso. Sin embargo, se puede escoger cualquier otro número de puerto TCP registrado (y que no esté en uso) desde el puerto 1024 al 49151.

El socket que se diseñó consta de 2 aplicaciones ejecutables: una para la Unidad de Monitoreo denominada “Cliente” y otra para el Servidor denominada “Servidor”. La aplicación Cliente se encarga de tomar toda la data (parámetros médicos) leídos y almacenados por dicha Unidad y los envía directamente al servidor para poder ser procesados y resguardados. Desde este programa también se puede configurar cada cuanto tiempo se quiere que la Unidad de Monitoreo envíe la información al servidor.

Por otra parte, la aplicación Servidor recibe todos los datos enviados por la Unidad de Monitoreo, y una vez recibidos, los almacena de manera local en el disco duro del servidor.

También, esta aplicación analiza toda la data recibida, con la finalidad de extraer todos aquellos parámetros médicos en el atleta que presenten valores críticos o considerados fuera del rango normal de funcionamiento del cuerpo humano y los almacena en la base de datos diseñada anteriormente. Adicionalmente, esta aplicación del lado del servidor posee una clave de acceso alfanumérica, de tal manera que solo personal autorizado sea capaz de iniciar este servicio.

6.3.- Fase III: Ejecución de Pruebas y Análisis de costos

Durante y después del proceso de diseño y desarrollo de las aplicaciones que dan funcionamiento al sistema de monitoreo, fue necesario realizar una serie de pruebas experimentales, cuya finalidad es corroborar el correcto funcionamiento de las aplicaciones desarrolladas. A continuación,

se presentan cada una de las diferentes pruebas que se ejecutaron.

6.3.1.- Lectura de parámetros médicos

Una vez configurada y preparada la Unidad de Monitoreo, se procedió a confirmar la correcta lectura de parámetros médicos referentes a temperatura corporal y actividad eléctrica del corazón. Para conseguir lo anteriormente expuesto, se conectaron a la Unidad de Monitoreo (específicamente, en la e-Health Sensor Shield V2.0) el sensor de Temperatura Corporal y Electrocardiograma tal y como se muestra en las figuras 8 y 9:

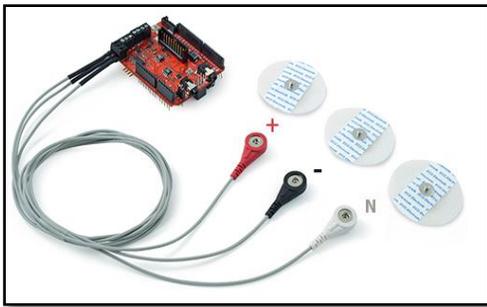


Figura 8: Conexión del sensor de Electrocardiograma a la e-Health Sensor Shield V2.0.

Fuente: www.cooking-hacks.com

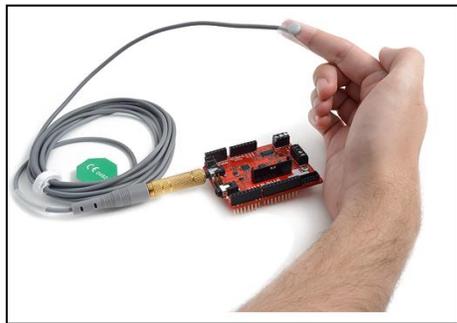


Figura 9: Conexión del sensor de Temperatura Corporal Electrocardiograma a la e-Health Sensor Shield V2.0.

Fuente: www.cooking-hacks.com

Luego, se conectaron los sensores anteriormente mencionados al cuerpo humano tal y como se muestra en la figura 10, con lo que se procedió a ejecutar en la Unidad de Monitoreo, 2 programas básicos que, mediante las funciones `getTemperature()` y `getECG()`, capturan de manera individual los parámetros anteriormente mencionados, con lo cual se pudo comprobar exitosamente el funcionamiento de la Unidad y lectura de datos.

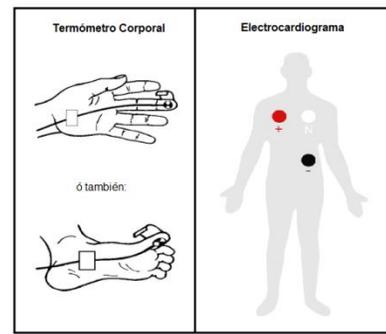


Figura 10: Conexión de los sensores de Temperatura Corporal y ECG al cuerpo del atleta

Fuente: Elaboración Propia

6.3.2.- Conectividad Unidad de Monitoreo – Servidor:

Luego de corroborar la correcta lectura y funcionamiento de la Unidad de Monitoreo, es necesario que la data leída por este dispositivo sea enviada al servidor de manera automática. Como se explicó anteriormente y para cubrir esta necesidad, se elaboró un socket TCP Cliente-Servidor que consta de 2 aplicaciones ejecutables, una denominada “Cliente” y otra “Servidor”. Para verificar la conectividad, se ejecutó la aplicación Cliente en la Unidad de

Monitoreo mientras que la denominada Servidor se corrió en un computador personal, que para las pruebas piloto cumplió con el rol de servidor. En estas pruebas, se utilizó un Router inalámbrico D-Link DIR-615 y se realizó la conexión a través de una red inalámbrica de área local.

6.3.3.- Test de la interfaz gráfica para el monitoreo de los parámetros médicos

Para confirmar el correcto funcionamiento de la página web diseñada para mostrar los datos monitoreados en el paciente, se procedió a subir los archivos correspondientes de la página a la carpeta *htdocs*, ubicada en la ruta donde se instaló la herramienta Xampp. De esta manera, desde cualquier dispositivo que contenga un explorador web y que esté conectado a la red local del sistema, se pudo visualizar la página diseñada de manera correcta, verificando así su agradable e intuitivo entorno gráfico.

7.- Resultados

A continuación, se presentan de manera detallada los resultados obtenidos durante la ejecución y finalización de cada una de las fases, los cuales permiten cumplir de manera exitosa los objetivos planteados en el presente Trabajo Especial de Grado.

7.1.- Levantamiento de Información:

A través la investigación puntualizada realizada durante la fase 1 del presente proyecto se pudo obtener la teoría necesaria para realizar correctamente el diseño del sistema propuesto, la cual puede ser encontrada en el capítulo II del presente Trabajo Especial de Grado. Dicha investigación ayudó a identificar las principales ventajas que tiene sobre el atleta la correcta realización de evaluaciones

médicas y cada cuanto tiempo son sometidos los atletas a estas pruebas, información que sirvió como base para diseñar un sistema que permita facilitar y evaluar de manera más frecuente el rendimiento del atleta.

7.2.- Ejecución del sistema de monitoreo

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de todos los dispositivos, hardware y software que componen el sistema de monitoreo, procedió a realizar la integración de todos estos elementos de manera conjunta. Como resultado, se logró implementar un sistema estable capaz de transmitir exitosamente los parámetros médicos presentes en el atleta de manera inalámbrica mediante la tecnología Wi-Fi para ser visualizados remotamente por parte del personal médico mediante una página web, ofreciendo a su vez garantías de preservar la información ante posibles caídas del sistema o de alguno de sus componentes, cumpliendo así con los objetivos planteados en el presente proyecto. También este sistema asegura la detección automática y almacenamiento respectivo de parámetros médicos que presenten valores fuera del rango normal de funcionamiento corporal.

A continuación, en la figura 11 se exhibe la conexión de la Unidad de Monitoreo en el cuerpo del posible paciente:



Figura 11: Instalación de la Unidad de Monitoreo en el cuerpo

Fuente: Elaboración Propia

La unidad de monitoreo no necesita de pantalla alguna para la visualización de los datos, puesto que los parámetros leídos son enviados al servidor mediante el socket TCP diseñado con tal propósito. Más sin embargo, si se conecta una pantalla LCD o monitor, se pueden observar los datos leídos y generados por los sensores de Temperatura y Electrocardiograma.

Por otra parte, la página web diseñada cuenta con un ambiente de fácil administración, constituida por varias secciones, en las que destacan “Monitoreo” y “Base de Datos”. En la sección de monitoreo se muestra en pantalla todos los datos captados por la unidad de monitoreo de cada uno de los pacientes, a través de gráficas que contienen los valores de temperatura y electrocardiograma leídos en el atleta en cuestión, indicando la fecha y hora de la lectura además del valor del parámetro correspondiente tal y como se resalta en la siguiente figura:

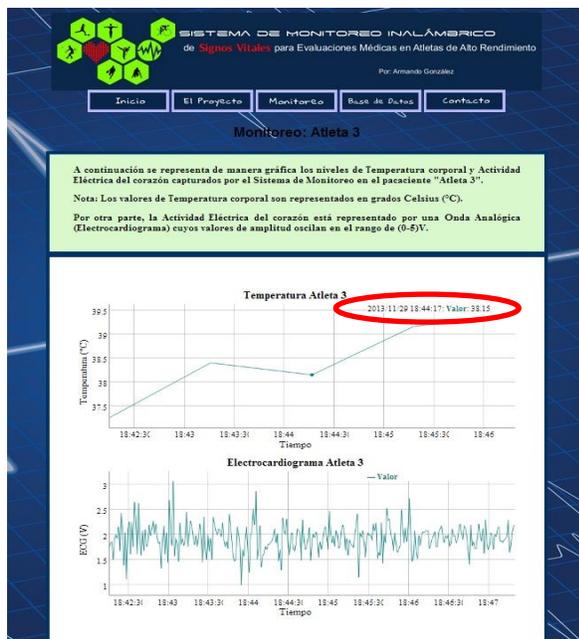


Figura 12: Visualización de los parámetros médicos a través de la web diseñada

Fuente: Elaboración propia

Además, estas gráficas poseen la característica de ser reajustables, es decir, permiten la realización de zoom y expansión dentro de la gráfica para poder tener una mejor apreciación de un conjunto de datos específicos.

Por otra parte, en la sección de “Base de Datos” se puede consultar los parámetros críticos almacenados en la base de datos del atleta deseado. Tal y como muestra la figura 13, esta información es suministrada a través de 3 tablas, en las cuales se puede observar tanto los datos personales del atleta, como los valores almacenados de dichos parámetros, además de poseer links que permiten guardar dicha data en el ordenador del médico

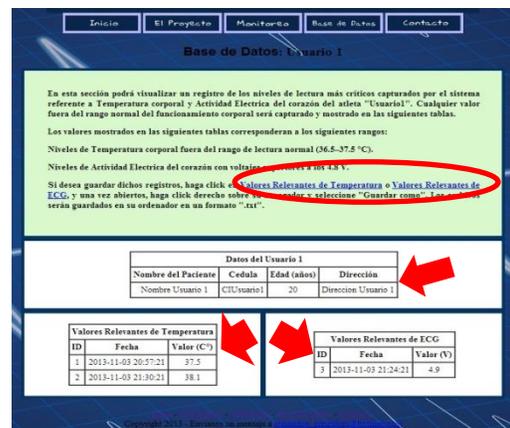


Figura 13: Consulta de valores críticos presente en los parámetros médicos leídos del atleta

Fuente: Elaboración propia

7.3.- Posibles Implementaciones

El sistema de monitoreo inalámbrico desarrollado en el presente proyecto permite ser implementado de dos posibles maneras:

- **Implementación fija:** La Unidad de Monitoreo puede ser fácilmente instalada o adherida en un equipo de entrenamiento fijo, como lo puede ser una caminadora o una bicicleta

estacionaria, de tal manera que el atleta pueda ser evaluado y monitoreado durante la ejecución de actividades de esfuerzo físico.

- **Implementación móvil:** por otra parte, gracias a su ligero peso y disimulado tamaño, la unidad de monitoreo también puede ser instalada en una especie de arnés o chaleco diseñado de manera adecuada y segura para ser colocado sobre el atleta, de tal forma que el mismo pueda realizar sus entrenamientos con total normalidad y movilidad en toda su área de entrenamiento a la vez que es monitoreado y evaluado por el personal médico.

7.4.- Análisis de costos:

Se elaboró una tabla con la finalidad de conocer el costo monetario del sistema de monitoreo propuesto y así mismo determinar su factibilidad de implementación, la cual se realizó partiendo de la suposición de que el área de entrenamiento físico de los atletas es de tipo interior. En caso contrario, se debe sustituir el Access Point incluido en el presupuesto por el seleccionado para ambientes exteriores durante el diseño de la topología. También, este presupuesto puede variar dependiendo del tamaño y las características de la infraestructura en donde se quiera implementar el sistema, puesto que el mismo fue elaborado tomando en cuenta los componentes necesarios en la red telemática genérica que se diseñó para el sistema.

Además, los costos están calculados según la tasa de cambio al momento de la realización del presente proyecto. El presupuesto planteado tampoco contempla el costo de la mano de obra y resto de materiales necesarios en la instalación del sistema.

| Artículo | Cantidad | Costo unitario en USD\$ | Costo total en USD\$ |
|----------------------------------------------|----------|-------------------------|----------------------|
| Raspberry Pi Model B | 1 | 35,00 | 35,00 |
| e-Health Sensor Shield V2.0 | 1 | 100,78 | 100,78 |
| RPi to Arduino Shield Connection Bridge | 1 | 53,75 | 53,75 |
| Sensor Electrocardiograma (ECG) | 1 | 47,03 | 47,03 |
| Sensor Temperatura Corporal | 1 | 26,87 | 26,87 |
| Adaptador WiFi USB Edimax EW-7811Un | 1 | 9,99 | 9,99 |
| Adaptador de Voltaje para Raspberry | 1 | 9,95 | 9,95 |
| Cargador portátil Sony CP-ELS 2000 mAh | 1 | 25,00 | 25,00 |
| Tarjeta de Memoria SD 8 GB | 1 | 17,85 | 17,85 |
| Subtotal costos U. de Monitoreo en \$ | | | 305,22 |
| Switch TP-Link TL-SG1008D | 1 | 27,00 | 27,00 |
| Access Point | 3 | 245,00 | 735,00 |
| Servidor Dell PowerEdge T110 II | 1 | 672,03 | 672,03 |
| Total costos del sistema en \$ | | | 1.760,25 |
| Total costos del sistema en Bs.F | | | 11.441,625 |

Tabla 1: Costos de la implementación del sistema

Fuente: Elaboración Propia

8.- Conclusiones y Recomendaciones

8.1.- Conclusiones

Los largos intervalos de tiempo que transcurren entre cada revisión médica aplicada a un atleta traen como consecuencia un inadecuado seguimiento del desempeño físico del mismo. Esto en conjunto con la larga duración de las competencias deportivas a las cuales están sometidos año tras año y el alto nivel de entrenamiento físico que esto requiere, hacen que durante la etapa de competición el atleta sea mucho más propenso a sufrir lesiones o accidentes cardiovasculares.

El sistema de monitoreo inalámbrico que se desarrolló en este proyecto permite integrar los métodos tradicionales de evaluación médica y diagnóstico preventivo a las crecientes tecnologías de comunicaciones de vanguardia, ofreciendo una herramienta que permite obtener un control médico deportivo optimizado que ayude a mejorar el proceso de evaluación médica así como también y así como también preservar la condición física del atleta.

Además, tomando en cuenta los rápidos avances en el área de la electrónica y las telecomunicaciones, este sistema es totalmente adaptable a la llegada de nuevas versiones de las placas que conforman la Unidad de Monitoreo, la Raspberry Pi Modelo B y la e-Health Sensor Shield V2.0., lo que trae como beneficio no necesitar realizar cambios en la estructura ni en la topología de red.

La topología y la operatividad del sistema de monitoreo es cien por ciento adaptable a los modelos de implementación fijo y móvil para los cuales fue desarrollada, de tal manera que la utilización de uno de estos modelos o ambos, no requiere de la adquisición de nuevos equipos ni de un cambio en la estructura del sistema. Solo basta con utilizar alguna de las 2 fuentes de energía adquiridas que se adecue al modelo implementado.

Los altos costos de los monitores de signos vitales existentes en el mercado, cuyos precios son superiores al precio del sistema de monitoreo propuesto en el presente proyecto, hacen de este sistema una alternativa totalmente atractiva para el sector de salud y el mundo deportivo.

Hoy en día, las tecnologías inalámbricas existentes como Infrarrojo, Bluetooth, Zig-Bee y WIMAX ofrecen soluciones eficientes de cara a las necesidades de comunicación del ser humano. Sin embargo, ninguna de estas alternativas fueron las más adecuadas para la implementación del sistema de monitoreo. A diferencia, Wi-Fi ofrece una amplia cobertura en ambientes internos tanto como externos, grandes tasas de velocidad de información, no requiere de línea de vista, ofrece excelentes niveles de seguridad y además existe una muy extensa variedad de dispositivos compatibles a esta tecnología, lo

que hacen de esta tecnología la más adecuada al sistema desarrollado.

Por otra parte, se ratifica la e-Health Sensor Shield V2.0 como una herramienta eficaz, potente y escalable para el desarrollo de aplicaciones médicas y biométricas. Gracias a su gran variedad de sensores, su compatibilidad con la mayoría de las tecnologías inalámbricas y carácter de libre uso, hacen de esta una herramienta con la cual los desarrolladores pueden ofrecer nuevas soluciones al sector médico y aportar nuevos desarrollos en el área de la Telemedicina.

8.2.- Recomendaciones

Se aconseja el diseño y utilización de un case o caja protectora adecuada a las dimensiones de la Unidad de Monitoreo, con la finalidad de garantizar su protección física contra posibles golpes o caídas que puedan poner en riesgo la integridad del equipo.

Para mejorar la calidad de servicio del sistema es necesario incluir una aplicación o herramienta que permita al personal médico posibilidad de agregar, gestionar y personalizar nuevos usuarios de manera cómoda y eficiente en el sistema.

Tomando en cuenta que la Unidad de Monitoreo registra y almacena en su disco duro los datos leídos de cada usuario, se recomienda hacer un mantenimiento de los equipos mensualmente con la finalidad de limpiar y evitar sobresaturar la memoria del mismo. Además, se pueden incluir Tarjetas SD's de mayor capacidad que la usada en este proyecto (8GB), de tal manera que el intervalo entre mantenimientos pueda ser mayor al propuesto.

9.- Bibliografía

Galeus. (Abril/Mayo de 2010)., de Revista para los medicos de Puerto Rico.

MedlinePlus. (2011). Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Servicio de la Biblioteca Nacional de Medicina de EE.UU e Institutos Nacionales de la Salud:
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/>

Arduino Company. (2013). *Web oficial de Arduino*. Recuperado el 01 de Septiembre de 2013, de
<http://www.arduino.cc/es/>

Ariganello, E. (2007). *Redes CISCO: Guía de estudio para la certificación CCNA 640-801*. Madrid, España: Ra-Ma.

Berson, A. (1996). *Client/Server Architecture*. McGrawHill.

Cabeza, L., & Gonzalez, F. (2010). *Redes Inalámbricas*. Anaya Multimedia.

Ceballos, F. (2001). *C/C++ Curso de Programación*. Ra-Ma.

Cooking-Hacks. (2013). *Página Web Oficial de Cooking-Hacks*. Recuperado el 15 de Agosto de 2013, de
<http://www.cooking-hacks.com/>

Funes, L. E. (06 de Noviembre de 2009). *Netbeans.org*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2013, de
<http://wiki.netbeans.org/>

Gallego, J. C. (2012). *Montaje de componentes básicos: Técnicas Básicas*. Editex.

Heitel, H., & Deitel , P. (2004). *Como programar en Java*. Pearson Educacion.

IEEE Standars Association. (17 de Agosto de 2012). *IEEE.org*. Recuperado el 15 de 10 de 2013, de
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2012.pdf>

McHamon, R. (2003). *Indroduccion a las Redes*. Anaya.

Microsoft. (2012). Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de Pagina Oficial de Microsoft Windows:
<http://windows.microsoft.com/>

Muñoz, A., & Roperro, J. (2011). *Topologías Inalámbricas*. Universidad de Sevilla, España.

Observatorio Tecnológico. (4 de Mayo de 2006). Recuperado el 01 de Noviembre de 2013, de
<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/ca/equipamiento-tecnologico/redes/349-andres-lamelas-torrijos>

PHP Group. (2013). *Pagina Oficial de PHP*. Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de <http://php.net/>

Rojas, R., Ronald, R., & Wilfredo , Q. (2005). *Internet y Redes Inalámbricas*. Clanar Internacional.

Soyinka, W. (2010). *Wireless Network Administration: A Beginner`s Guide*. Tata McGraw-Hill.

Tanenbaum, A. (2003). *Redes de computadoras*. Mexico: Pearson Educación.

Tecnologies, I. M. (2008). *Marketing Bluetooth*. Recuperado el 18 de Octubre de 2013, de
<http://www.marketing-bluetooth.com/>