UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UNA RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE BAJO COSTO

REALIZADO POR Parada V. Christian E.

Rivero C. Irianta A.

PROFESOR GUIA Mendizábal Iñaki.

FECHA Caracas, Agosto de 2011

Ingeniería de Telecomunicaciones
scientia et humanitas
UCAB

DISEÑO DE UNA RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE BAJO COSTO

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

JURADO EXAMINADOR

Firma: **Firma:** **Firma:**

Nombre: JAVIER MENDOZA **Nombre:** BUENAMICO NICOLA **Nombre:** INAKI MENDIZABAL

REALIZADO POR	Parada V. Christian E.
	Rivero C. Irianta A.
PROFESOR GUIA	Mendizábal Iñaki.
FECHA	Caracas, Agosto de 2011.

Diseño de una red de estaciones meteorológicas de bajo costo.

Parada, Christian

christianparada@gmail.com

Rivero, Irianta

iriantarivero@gmail.com

Resumen

Considerando la existencia de los problemas ocasionados por los factores climatológicos que afectan las comunicaciones satelitales, se establece una red de estaciones meteorológicas de bajo costo, las cuales aportarían los datos suficientes para estudiar la correlación de las condiciones atmosféricas y el cálculo de las pérdidas causadas por el clima.

Se propuso un proyecto cuyos objetivos son estudiar los parámetros meteorológicos, para así poder definir las variables a monitorear, de la misma manera se debe seleccionar el estándar de comunicación a utilizar para la interconexión de las estaciones meteorológicas que conforman la red, la cual debe ser simulada para verificar el rendimiento de la transmisión. Luego se procede a la instalación e interconexión de la red la cual consta inicialmente de cuatro puntos terminales distribuidos de la manera más eficiente en la región de Caracas.

Dichos objetivos fueron logrados con la aplicación de una metodología y desarrollo que consta de cinco fases conformadas por investigación teórica, comparación de las estaciones que se encuentran en el mercado y la evaluación de una estación de elaboración propia, se presenta una fase en la que se describe como se diseña y construye cada uno de los terminales, además de plantear el conjunto de procedimiento necesarios para la interconexión de la red. En la última fase se realiza una simulación de la red con el software *OPNET* y se especifica lo necesario para la comunicación entre estación-servidor.

Como resultados de lo antes descrito se logró una ubicación ideal para cada terminal de la red, se determina *WiFi* como estándar para la interconexión comprobando que la estación utilizada permite el buen rendimiento de la red y se presenta una data recolectada. De lo descrito se concluye que la estación de elaboración propia aporta independencia de diseño, la red de estaciones de bajo costo aporta el comportamiento de los fenómenos meteorológicos en una región con distinta topografía lo que permitirá un mejoramiento para las comunicaciones satelitales e inalámbricas.

Palabras Clave: Red, estación meteorológica, conexión inalámbrica, red de estaciones de bajo costo.

Dedicatoria

Todos mis logros son tuyos Libertad, sin ti NINGUNO sería posible. A ti mami principalmente va dedicado este logro por ser el apoyo incondicional, siempre el consejo más sabio, por enseñarme a luchar por lo que se quiere, por ayudarme a levantar en los momentos que la universidad me hizo caer, por mantenerte firme junto a mi pase lo que pase, por simplemente ser la mejor madre del mundo y una mujer ejemplar. Tu y yo siempre TE AMO INFINITO

A mis hermanos Charlotte, Pedro y Diego por mantenerse en este camino conmigo, por las noches que me ayudaron a terminar el proyecto del día siguiente, por buscarme en el fin del mundo después de un día de estudio, por los desayunos a las cinco de la mañana y por los múltiples favores. Sobre todo por entenderme en todas las situaciones que involucra ser estudiante de ingeniería.

A ti Chris por ser un excelente amigo, un ejemplar compañero de carrera, por ser el mejor compañero de tesis que podía elegir. Solamente tú soportarías mi carácter en todas las etapas de esta tesis. GRACIAS por estar allí en los momentos en los que provocaba correr, por confiar en mí, por la paciencia infinita y el regaño oportuno. Se te quiere gordo. GRACIAS TOTALES!

A mis Hermanos de vida Barbara, Erika, Christian, Marianna por estar tanto en las buenas como en las malas, de noche o de día, dispuestos a escuchar una risa, un llanto o entregarme unas sabias palabras.

A mis bellas Sylvia y Adriana por estar allí en los momentos en los que las soluciones se agotaban, por su manera particular de ver las cosas, por enseñarme que siempre la mejor manera de enfrentar un problema es reírte en primera instancia y luego resolver. Las AMO.

A Hilda, Fabiola, Stefania, Simón, Lisbeth y a todos mis amigos por todos esos episodios de risas, llantos y experiencias vividas que me demostraron que siempre existe tiempo para todo, que se debe olvidar el pasado, disfrutar el presente teniendo en cuenta algo del futuro.

A todos aquellos que de una u otra forma colocaron ese granito de arena en mi camino para alcanzar este logro, muchas gracias!!!

Irianta Anais Rivero Correa

Dedicatoria

A la primera persona que quiero dedicarle mi Trabajo de Grado, es a mi Sra Madre, Maritza. Ma, tu más que nadie merece esta dedicatoria, porque simplemente fue la que hizo posible esto. Luego de que este tomo sea aprobado nos convertiremos a parte de madre e hijo, en colegas. Ma, eres la persona que más amo, y si no fuera por tu amor y comprensión jamás habría podido lograr esta meta, sé que ya estas orgullosa de mi sin necesidad del título, pero te regalo esta nueva meta alcanzada para que te sientas mucho más!. Me faltan palabras para escribir todo lo que me gustaría escribir aquí, simplemente Te Amo, siempre has sido una madre y padre ejemplar, GRACIAS por siempre estar ahí.

La segunda persona que me gustaría dedicarle este logro, es a mi tía Martha. Siempre has sido mi guía y siempre has intentado que vaya por el camino correcto, con esfuerzo y disciplina siempre me has enseñado a que hay que luchar por las cosas, y bueno aquí digamos que todo ha dado su fruto. De verdad tía siempre te he considerado como una madre para mi, gracias también por estar ahí siempre e intentar siempre que sea un hombre de bien. Este título es para las dos.

A mis tíos por estar siempre para estar ahí como familia, unidos siempre, a nuestras maneras pero siempre unidos. Se les quiere muchísimo.

Javier, Julio, Luis, Ronald, Rizzo, Sylvia, Simón, Stefania, Adriana, Dinira y en general a todos mis amigos, porque ustedes me enseñaron que no todo en la vida es el trabajo y los estudios, que para tener una vida feliz hace falta compartir con los amigos, y sembrar buenas amistades. Simplemente los quiero a cada uno de ustedes.

Por último quisiera dedicarle mi TEG, a mi compañera, Irianta, simplemente por el hecho de aguantarme todo este año te mereces que te la dedique, adicionalmente has sido mi amiga, mi ayuda, sin ti no hubiese pasado nunca el último año. Adicionalmente te convertiste en una de mis mejores amigas, Gracias por todo. Serás una excelente profesional, y estarás minada de éxitos. Se te quiere un MUNDO.

Christian Eduardo Parada Vera

Agradecimientos

En primer lugar queremos agradecerle a Dios por darnos la posibilidad para estudiar esta carrera. Por darnos la paciencia y la perseverancia para continuar en esos momentos en los cuales sentimos que no valía la pena continuar.

A nuestras madres ya que sin ellas nada de esto se hubiese logrado, gracias por permitirnos estudiar en la UCAB, darnos todo lo que necesitábamos y lo que no necesitábamos también; por servirnos de apoyo siempre en cada uno de esos momentos en los cuales la universidad nos agobio, nos estreso, nos molestó. Gracias a ustedes somos lo que somos y por esos estas palabras nunca serán suficientes para darles las infinitas gracias. Libertad, Maritza simplemente ¡GRACIAS TOTALES!, son unas madres, mujeres y personas ejemplares.

A nuestras familias, que siempre han sido parte complementaria en nuestra carrera, gracias por cada uno de los favores, ayudas, correderas durante toda esta carrera.

Seguidamente quisiéramos agradecer a nuestro Tutor, el Ing. Iñaki Mendizábal, que aunque nos hizo correr, perseguirlo, buscarlo hasta debajo de las piedras fue parte fundamental en este Trabajo Especial de Grado.

Quisiéramos hacer un especial agradecimiento al Ing. Carlos Butrón y la Ing. Carolina Rodríguez , por estar siempre SIEMPRE dispuestos a ayudarnos, y a resolvernos todas las dudas que teníamos hasta ultimo día han estado ahí de verdad muchísimas gracias sin toda su ayuda este trabajo de grado habría sido mucho más complicado.

A las Ing. Hilda Osorio e Ing. Fabiola Santos por ayudarnos en esas pequeñas dudas que siempre hacen que nos estanquemos pero que gracias a ustedes fueron resueltas rápidamente.

A todas las personas que se nos escapan pero que hicieron posible que lográramos esta meta en verdad, muchas gracias.

Índice General

Dedicatoria ii
Dedicatoria iii
Agradecimientos iv
Índice General v
Índice de Figuras ix
Índice de Tablas x
Índice de Ecuaciones x
Introducción xii
Capítulo I 1
Planteamiento del Proyecto 1
I.1 Planteamiento del problema 1
I.2 Objetivos 2
I.2.1 Objetivo General 2
I.2.2 Objetivos Específicos 2
I.3 Alcances y Limitaciones 2
I.4 Justificación 3
Capítulo II 4
Marco Teórico 4
II.1 Comunicaciones Satelitales 4
II.1.1 Teoría Básica de Satélites 4
- Bandas de frecuencia y Regulaciones radioeléctricas 4
- Sistema Básico de Satélites 5
II.1.2 Problemas en las Transmisiones 6
- Propagación por debajo de los 3 GHz. 7
- Propagación por encima de los 3 GHz 11
II.2 Estaciones Meteorológicas 16

II.3 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) 18
II.4 Redes meteorológicas venezolanas 20
II.5 Sensores 21
II.6 Tecnologías Inalámbricas 25
II.6.1 Tecnología Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) 26
II.6.2 Tecnología GSM/GPRS (*General Packet Radio Service*) 26
II.6.3 NAT vs. VPN 27
Capítulo III 29
Metodología y Desarrollo 29
III.1 Investigación 29
III.1.1 Investigación Teórica 29
III.1.2 Análisis de la transmisión 30
III.1.3 Seguridad de la transmisión 30
III.1.4 Ubicación de cada estación perteneciente a la red 30
III.2 Evaluación de la solución del Trabajo Especial de Grado "Diseño de Estaciones Meteorológicas de Bajo Costo para Despliegue Rápido con Interconexión Inalámbrica" 30
III.3 Diseño y Construcción de la solución 31
III.3.1 Adquisición de los datos 32
III.3.1.1 Anemómetro 32
III.3.1.2 Pluviómetro 34
III.3.1.3 Veleta 35
III.3.1.4 Tarjeta *Sparkfun USB Weather Board* 36
III.3.1.5 Sistema de Posicionamiento Global GPS 38
III.3.2.1 Configuración Módulo UART en el Microcontrolador 39
III.3.2.2 Configuraciónes para establecer una comunicación *Wi-Fi* MatchPort - PC 41
III.3.2.3 Elaboración de una Tarjeta Control 44
III.4 Establecimiento de la conexión 45
III.4.1. Conexión Dispositivo Estación-Servidor. 45

III.4.2. Almacenamiento y Presentación de los Datos. 46
III.4.2.1. Creación de la Base de Datos principal. 47
III.4.2.2. Creación Página Web 49
III.5 Pruebas de la Solución 53
III.5.1. Simulación de la Red 53
III.5.1.1. Creación del escenario de la red 53
III.5.1.2. Definición de las Aplicaciones a utilizar 55
III.5.1.3. Configuración de los Perfiles a emplear 56
III.5.1.4. Configuración de los parámetros de la *Wireless* LAN 56
Capítulo IV 57
Resultados 57
IV.1 Resultados del Objetivo 1: Investigación 57
IV.1.1 Investigación Teórica 57
IV.1.2 Definición de la Estación a con la que se va a Trabajar 57
IV.2 Resultados del Objetivo 2: Estándar de Comunicación para la Transmisión . 58
IV.3 Resultados del Objetivo 3: Simulación de la red 60
IV.4 Resultados del Objetivo 4: Instalación e Interconexión de la Red 64
IV.1.1 Ubicación de cada estación perteneciente a la red 64
IV.4.2. Contratiempos para la construcción de la red 69
IV.4.3. Pruebas al código java. 71
IV.4.4. Presentación de los Datos. 75
Capítulo V 82
Conclusiones y Recomendaciones 82
V.1 Conclusiones 82
V.2 Recomendaciones 84
Capítulo VI 85
Referencias Bibliográficas 85
Apéndice A 86
Historial de Mediciones 86
Apéndice B 88

Código en Java 88
Clase Prueba SQL Multihilos: 88
Clase Socket Client: 89
Clase My SQL Access 11: 91
Apéndice C 93
Código DsPIC 93
Apéndice D 103
Extracto Código Portal Web 103
Código Inicio.php: 103
Código SubInicio.php: 109
Código Historial.php: 110
Apéndice E 121
Circuito Tarjeta Control 121

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama de conceptos 4
Figura 2: Bandas de Frecuencia para comunicaciones Satelitales 5
Figura 3: Arquitectura básica de un sistema satelital 5
Figura 4: Angulo de rotación de Faraday en función de la frecuencia y el TEC 10
Figura 5: Retraso de grupo en la ionosfera 11
Figura 6: Onda plana incidiendo en un volumen de lluvia de longitud L 13
Figura 7: Componentes de la despolarización de ondas linealmente polarizadas 15
Figura 8: Estaciones Meteorológicas en la Zona Central 21
Figura 9: Símbolo para una resistencia con dependencia intrínseca de la temperatura y variación lineal 23
Figura 10: Esquema de Fases del proyecto 29
Figura 11: Diagrama de Diseño y Construcción 32
Figura 12: Filtro para Eliminar los Rebotes 34
Figura 13: Pluviómetro Tipo Balancín 34
Figura 14: Diagrama de conexiones de la veleta 36
Figura 15: Página Principal *Device Installer* 41
Figura 16: Ventana Resumen 42
Figura 17: Ventana *Network* 43
Figura 18: Ventana *Serial Settings* 43
Figura 19: Ventana *Connection* 44
Figura 20: Diagrama de Establecimiento de la Conexión 45
Figura 21: Creación Base de Datos Principal 47
Figura 22: Creación Tabla 48
Figura 23: Creación Campos Tabla Datos 49
Figura 24: Sub Menú de Inicio 50
Figura 25: Página Principal 51
Figura 26: Ejemplo Acceso Página Web 52
Figura 27: Topología General de la Red 53
Figura 28 Ubicación 1 53
Figura 29: Carga a la que se somete el Servidor 60
Figura 30: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 1 61
Figura 31: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 2 61
Figura 32: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 3 61
Figura 33: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 4 62
Figura 34: Tráficos enviados de las estaciones y Tráfico recibido en el servidor 62
Figura 35: Cargas de las Estaciones al Servidor en la Conexión TCP 63
Figura 36: Tráfico en la Wireless LAN 63

Figura 37: Mapa geográfico de Ubicación de las estaciones....64
Figura 38: Mapa geográfico de la Estación 1....65
Figura 39: Lectura de Nivel *Wi-Fi* Centro Loyola....65
Figura 40: Grafica Canales *Wi-Fi* vs. Potencia Recibida....66
Figura 41: Mapa geográfico de la Estación 2....66
Figura 42: Mapa geográfico de la Estación 3....67
Figura 43: Mapa geográfico de la Estación 4....68
Figura 44: Manejo de Multihilos....71
Figura 45 : Resultado Configuración Access Point....72
Figura 46: Comprobación escritura BD en el código....73
Figura 47: Comprobación escritura BD directamente en la BD....74
Figura 48: Reconexión Automática....74
Figura 49: Sub Menú portal Web....75
Figura 50: Página Principal....76
Figura 51: Inicio de Sesión....77
Figura 52: Historial de Mediciones....77
Figura 53: Ejemplo Historial de Mediciones....78
Figura 54: Exportar Datos....79
Figura 55: Parámetro a Graficar....79
Figura 56: Tipo de Grafico....80
Figura 57: Gráfico de mediciones....81

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación de sensores....22
Tabla 2 : Sensores Meteorológicos....25
Tabla 3: Clasificación de las Redes Inalámbricas....25
Tabla 4: Nivel Físico de 802.11....26
Tabla 5 : Variantes del Estándar 802.11....26
Tabla 6: Codificación de la dirección del viento....35
Tabla 7: Separación de la Trama Enviada por la *Sparkfun USB Weather Board*....38
Tabla 8: Análisis de precios de las estaciones meteorológicas....57

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Integral del contenido total de electrones....8
Ecuación 2: Índice de Centelleo....8
Ecuación 3: Ángulo de rotación de Faraday....9

Ecuación 4: Retardo de Grupo 10
Ecuación 5: Atenuación por lluvia 13
Ecuación 6: Potencia de recepción 13
Ecuación 7: Atenuación por Lluvia 14
Ecuación 8: Atenuación por lluvia simplificada 14
Ecuación 9: Atenuación por niebla o nubes de lluvia 14
Ecuación 10: Factor de discriminación de crosspolarización para la dirección E_1 16
Ecuación 11: Actor de discriminación de crosspolarización para la dirección E_2 16
Ecuación 12: Fórmula para el cálculo de PR1 33
Ecuación 13: Fórmula para calcular el valor del generador de baudios 37

Introducción

En este Trabajo Especial de Grado se presenta el diseño de una red de comunicaciones para el intercambio de información referente a los parámetros meteorológicos que puedan afectar las comunicaciones satelitales o enlaces de microondas, además de mostrar en qué manera las afectan. En cada terminal de dicha red se exhibe una estación meteorológica de bajo costo para despliegue rápido, destinadas a medir y a registrar, durante intervalos de tiempo diversas variables a través de sensores, para que posteriormente esta data sea enviada a un servidor, almacenada en una base de datos y presentada mediante una interfaz web.

El servidor de esta red se encuentra en la Universidad Católica Andrés Bello específicamente en el edificio de laboratorios. Dicho servidor tiene la finalidad de almacenar las tramas que se generan en las cuatro estaciones que conforman la red inicialmente, cada una se encuentra configurada para reportar data cada cinco minutos por defecto y la conexión se cierra cada doce tramas de datos, de esta manera se garantiza un intervalo de conexión de una hora, evitando posibles problemas que se generarían por la duración de la conexión TCP/IP, todo esto es posible gracias al programa diseñado por el Trabajo Especial de Grado previo, "Diseño de Estaciones Meteorológicas de Bajo Costo para Despliegue Rápido con Interconexión Inalámbrica", posteriormente modificado para que cumpla con las exigencias del presente trabajo.

Este trabajo consta de cinco capítulos en los cuales se describen los elementos referentes a la constitución de la red así como la elaboración de cada uno de los terminales. En el primer capítulo se exhibe el planteamiento del problema, la justificación del proyecto además de un desglose de los objetivos establecidos para la realización del mismo. El segundo capítulo titulado como marco teórico exterioriza los conceptos utilizados para el diseño de la red, asimismo se presentan los fenómenos meteorológicos que afectan las comunicaciones satelitales, un estudio

general de las variables que deben ser estudiadas en las estaciones meteorológicas y los tipos de sensores que podrían conformarlas.

En el tercer capítulo se presenta el cuerpo central del proyecto ya que en este se describe la metodología y el desarrollo del mismo. Se encuentra divido en fases con las que se describen de manera detallada la evolución de este trabajo y la justificación de cada una de ellas. Se puede apreciar desde la investigación teórica, pasando por la evaluación de la estación más adecuada para nuestra red que presente un bajo costo hasta llegar a la simulación y pruebas de funcionamiento.

Inicialmente se obtienen las variables que deben ser estudiadas en una estación meteorológica y cuáles de estás son las que afectan a las comunicaciones satelitales para así poder realizar una clasificación de las estaciones disponibles de bajo costo. Una vez determinada la estación se procede al diseño y construcción de los cuatro terminales. Por otro lado se realiza un estudio de la ciudad determinando cuales son las zonas adecuadas para ubicar los terminales y poder obtener un estudio global de la ciudad. Las pruebas de la solución en principio se realizan una simulación de la red utilizando el software *OPNET* para verificar el funcionamiento de la red y medir sus parámetros para estudiar el rendimiento de la misma. Posteriormente mediante el establecimiento de *sockets* se comprueba la conexión entre los terminales y el envío correcto de una trama.

En el cuarto capítulo se exponen individualmente los resultados obtenidos en cada una de las fases de la metodología y desarrollo tanto a lo referente a los terminales como a la red como tal. Por último se presenta el quinto capítulo en el cual se muestran las conclusiones que se obtienen del proyecto además de presentar recomendaciones en cuanto al rendimiento de la red, funcionamiento de los terminales y transmisión correcta de la data.

Capítulo I

Planteamiento del Proyecto

En este capítulo se presenta la descripción del problema planteado en el presente Trabajo Especial de Grado, los objetivos necesarios para revolver dicho problema, así como también el alcance y limitaciones del proyecto.

I.1 Planteamiento del problema

En la actualidad las comunicaciones han experimentado un crecimiento acelerado debido a los grandes avances de la tecnología, lo que ha incrementado la cantidad de servicios que el usuario final puede disfrutar. La mayoría de estos servicios están orientados a que el usuario esté conectado en cualquier momento y en cualquier lugar, por lo cual las empresas de telecomunicaciones han basado muchos de sus esfuerzos en el desarrollo de tecnologías inalámbricas.

Las comunicaciones vía microondas son las más usadas para las comunicaciones inalámbricas, ya sea enlaces punto a punto, o del tipo satelital, estos últimos siendo los de mayor confiabilidad por la gran tecnología que poseen, sin embargo son afectados por los factores climáticos. Factores tales como nubosidad, lluvia, la radiación solar, los cuales afectan las principales bandas de microondas (C, Ka y Ku), siendo más grave el problema en las bandas Ka y Ku.

Teniendo suficiente información de los factores que afectan negativamente las comunicaciones inalámbricas, se podría disminuir el impacto de estos factores. Por lo tanto surge la necesidad de poseer una red de estaciones meteorológicas, las cuales aportarían los datos suficientes para estudiar la correlación de las condiciones atmosféricas y el cálculo de las pérdidas causadas por el clima.

La ingeniería en telecomunicaciones es la indicada para resolver dicho problema debido a que no basta con tener conocimientos de meteorología, sino que se necesitan conocimientos de redes, sistemas inalámbricos, programación y electrónica, para

poder recolectar y transmitir los datos que cada una de las estaciones meteorológicas recauden y poder almacenarlas en la base central.

I.2 Objetivos

A continuación se presentan los objetivos proyectados para resolver el problema planteado.

I.2.1 Objetivo General

Establecer una red de cuatro (4) estaciones meteorológicas de bajo costo, las cuales capten, almacenen y transmitan distintos parámetros meteorológicos importantes para el mejoramiento de las comunicaciones en las bandas C, Ka y Ku, en puntos estratégicos de la zona metropolitana de Caracas.

I.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar los parámetros meteorológicos específicos que afectan las comunicaciones satelitales, para así poder definir las variables a monitorear.
- Seleccionar el estándar de comunicación a utilizar en la interconexión de las estaciones meteorológicas.
- Simular la red para la verificación de parámetros como ancho de banda, tasa de transmisión, entre otras.
- Instalar e interconectar la red en cuatro puntos en la región de la ciudad de Caracas.

I.3 Alcances y Limitaciones

Este Trabajo de Grado incluye la construcción de cuatro estaciones meteorológicas portátiles similares a la elaborada en el Trabajo Especial de Grado "Diseño de Estaciones Meteorológicas de Bajo Costo para Despliegue Rápido con Interconexión Inalámbrica" realizado por el Ingeniero Asunción Iñaki y el Ingeniero Carruyo Alejandro en marzo del año 2011, pero a dicha estación fue necesario realizarle mejoras con el fin de obtener los mayores beneficios posibles. Dichas mejoras son:

- Se incorporó un panel solar para recargar las baterías y de esta manera crear autonomía de la estación.
- En cuanto al envío de los datos al servidor para garantizar la seguridad de los mismos, se implementó una red basada en NAT (*Network Address Traslation*).

La obtención de los parámetros se realizó mediante el uso de sensores electrónicos comerciales que pueden ser adquiridos directamente con los fabricantes; dichos sensores fueron estudiados y seleccionados de acuerdo a criterios de costo, sensibilidad y precisión. Adicionalmente, el trabajo está enfocado en el interconectar las cuatro estaciones logrando el procesamiento, la transmisión vía inalámbrica y almacenamiento de los parámetros obtenidos.

Cada estación mide temperatura, presión atmosférica, humedad, pluviosidad, dirección y velocidad del viento. La estación es capaz de transmitir en forma inalámbrica los datos en varios intervalos de tiempo fijados por el usuario, para ser almacenados y mostrados posteriormente.

Finalmente, con este trabajo no se propone el estudio detallado de las comunicaciones satelitales, sino que habiendo identificado los cambios atmosféricos como causantes de problemas en las comunicaciones.

Como limitación más importante se tiene para la puesta en servicio de las estaciones, son necesarios algunos materiales importados, por razones conocidas de la obtención de las divisas en el país y el procedimiento interno de la Universidad para realizar las compras , esta adquisición se ha retrasado más de lo estimado.

I.4 Justificación

Este proyecto se planteó para brindar una red de información sobre los fenómenos atmosféricos de la zona geográfica a través de cuatro estaciones que cuenten con herramientas para la medición, almacenamiento, transmisión y presentación de varios parámetros meteorológicos, para ser analizados posteriormente y determinar cómo afectan a las comunicaciones inalámbricas, como por ejemplo los enlaces satelitales.

Capítulo II

Marco Teórico

En este capítulo se presentan las referencias teóricas necesarias para la realización de este proyecto. Los contenidos tratados en este capítulo se esquematizan en la Figura 1

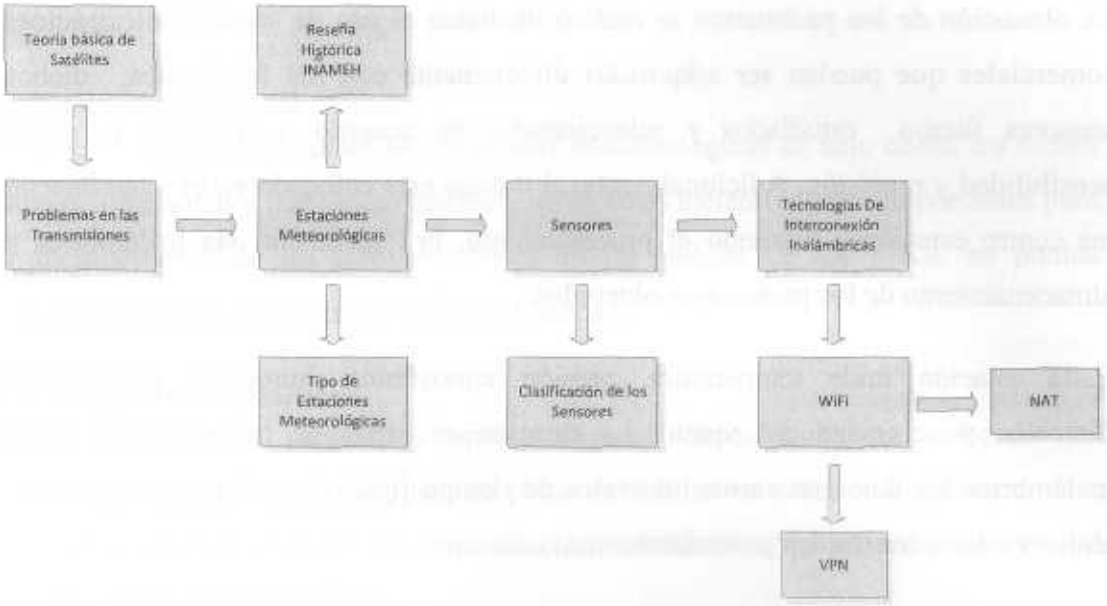


Figura 1: Diagrama de conceptos.

II.1 Comunicaciones Satelitales

II.1.1 Teoría Básica de Satélites

- Bandas de frecuencia y Regulaciones radioeléctricas

De acuerdo a la (IET, 2008): Todo sistema satelital emplea radio frecuencia para la transmisión y recepción de datos lo que genera una situación de potencial interferencia con otros sistemas que posean bandas de frecuencias similares, lo que genera una degradación en la calidad de las transmisiones. Lo que generó de manera crucial que se regulará internacionalmente las bandas de frecuencia para garantizar un buen rendimiento de los satélites. La *International Telecommunication Union (ITU)* es la encargada internacionalmente de dichas regulaciones y detalla los métodos que se emplearan para evitar una interferencia excesiva. En la

Figura **2** se muestra la locación de dichas frecuencias en el espectro radioeléctrico según la *ITU*.

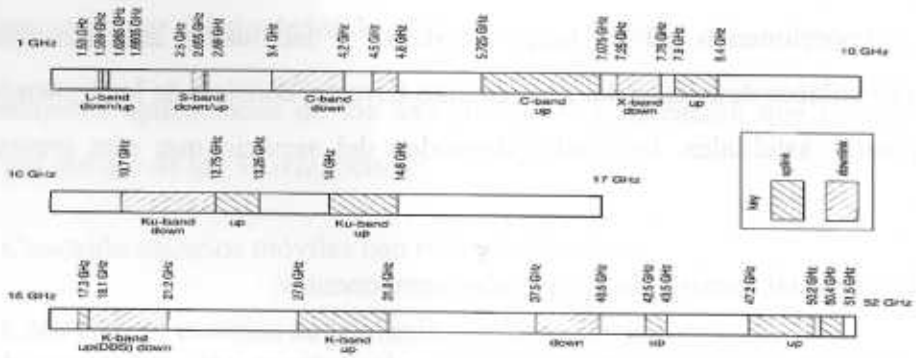


Figura 2: Bandas de Frecuencia para comunicaciones Satelitales

Fuente: (IET, 2008)

En el caso específico de Venezuela, el Satélite Simón Bolívar (VENESAT-1) trabaja en las frecuencias C (14 transpondedores), Ka (2 transpondedores) y Ku (12 transpondedores).

❖ Sistema Básico de Satélites

Un sistema básico de satélites consiste principalmente de tres partes un segmento espacial, un segmento de control y un segmento terrestre. En la Figura 3 se puede constatar dichas partes.

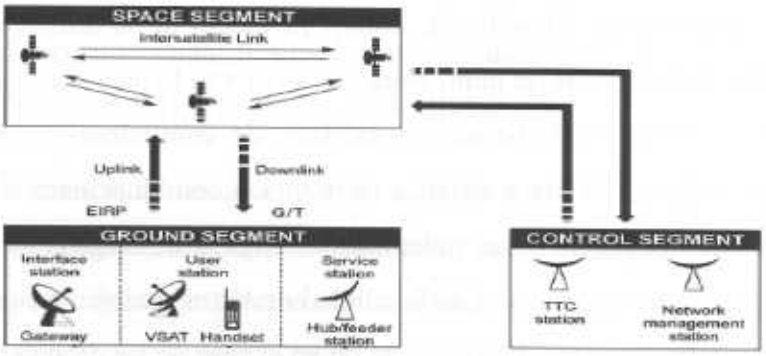


Figura 3: Arquitectura básica de un sistema satelital

Fuente: (Maral & Bousquet, 2009)

El segmento espacial consiste del satélite o los satélites que compongan el sistema. El sistema de control consiste principalmente del Sistema de telemetría, comando y guiado (*TTC* por sus siglas en inglés) los cuales mantienen el satélite en órbita. Estos proveen un constante chequeo de los subsistemas del satélite, monitoreando las

salidas, proporcionando así un rango de datos, y facilitando actualizaciones del satélite por enlaces de telemetría. El segmento terrestre consiste de los transmisores y los receptores satelitales, los cuales dependen del servicio que este prestando el satélite.

El satélite como tal consiste de dos grandes componentes:

a) La Carga de Comunicación: consiste en las antenas y el equipo repetidor, este último provee bajo ruido de recepción vía radiofrecuencia, y posee un convertidor de frecuencia para cambiar la frecuencia de la señal entre el enlace de subida y el enlace de bajada, por último posee un amplificador de potencia justo antes de transmitir el enlace de bajada.

b) La Carga Espacial: la cual consiste de varios subsistemas los cuales se encargan de mantener el satélite en órbita. Estas partes son: la estructura de la nave, el subsistema eléctrico, de propulsión, de control d altitud, de temperatura, y el control de telemetría comando y guiado (*TTC*).

II.1.2 Problemas en las Transmisiones

Haciendo referencia a (Ippolito Jr, 2008). El efecto de la atmósfera terrestre en la propagación de las ondas de radio entre la Tierra y el Espacio es una preocupación al momento de diseñar un sistema de satélites de comunicación. Estas condiciones pueden presentar de manera aisladas cada una o combinaciones de ellas, causando variaciones de amplitud, fase, polarización, ángulo de llegada de la señal, lo que representa una grave reducción de la calidad de la transmisión en señales analógicas, o un incremento en la tasa de errores de bit en el caso de las digitales.

Las frecuencias de los enlaces es un factor muy importante para determinar los problemas que introduce el clima en las comunicaciones satelitales, para facilitar el estudio de cada uno de estos problemas es necesario dividir las frecuencias en dos grandes grupos: La Propagación por debajo de los 3 GHz, y La Propagación por encima de los 3 GHz.

❖ Propagación por debajo de los 3 GHz.

Las principales aplicaciones de los Satélites de Comunicación que operan por las bandas por debajo de los 3 GHz incluye:

a) Conexión usuarios móviles con redes de Satélites.

b) Conexión de usuarios de telefonía celular satelital.

c) Operaciones de comando y telemetría.

d) Comunicaciones en el Espacio profundo.

e) Servicios especializados donde la banda de directividad de las antenas de tierra es importante.

La ionosfera es una de las principales fuentes de problemas en las transmisiones satelitales que operan por debajo de 3 GHz. Las dos principales características de la ionosfera que contribuyen a la degradación de las ondas de radio son:

a) Irregularidades de la ionosfera a través del recorrido.

b) Fondo de ionización cuantificada por el contenido total de electrones (TEC por sus siglas en ingles), a lo largo del recorrido.

La degradación relativa al contenido total de electrones (*TEC*) incluye rotación de Faraday, retraso del grupo, dispersión, variación en la dirección de llegada y absorción. La mayoría de estos efectos son atribuidos al centelleo irregular de la ionosfera.

La ionosfera es una región de gas o plasma ionizado que se extiende desde unos 15 Km hasta un límite superior el cual no está bien definido alrededor de unos 400 Km hasta unos 2000 Km desde la superficie terrestre. La ionosfera es ionizada por los rayos de la frecuencia ultravioleta y los rayos X de la radiación solar los cuales contienen electrones libres e iones positivos así como materia neutra. Son estos electrones libres los que afectan la propagación de las ondas de las comunicaciones

satelitales. La densidad de electrones varía en función de la latitud geomagnética, ciclos diarios, ciclos anuales, y ciclo de las manchas solares.

El contenido total de electrones (*TEC*) a lo largo del rayo desde el transmisor hasta el receptor es determinante para el efecto de la ionosfera en las señales de comunicación. El TEC es definido como el número de electrones en la sección transversal de una columna de un metro cuadrado que coincida con el recorrido de propagación. Este es determinado por la integral de la concentración de electrones alrededor del camino.

$$N_T = \int_s n_e(s)ds$$

Ecuación 1: Integral del contenido total de electrones

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Donde N_T es el contenido electrónico total (*TEC*), en e/m^2; s es el camino en metros; y n_e es la concentración de electrones en e/m^3.

- Centelleo Ionosférico

Consiste en una rápida fluctuación de amplitud y fase causada por la densidad irregular de electrones de la ionosfera. Este efecto se observa en los enlaces desde 30 MHz hasta los 7 GHz. El centelleo puede ser muy severo en ciertas condiciones de clima extremo. Es más severa en la zona ecuatorial, aural, y polar, incrementándose en el amanecer y en el atardecer.

El índice de centelleo es usado para la cuantificar la intensidad de las fluctuaciones del centelleo ionosférico, es denotado con la letra S_4 y es definido como:

$$S_4 = \sqrt{\frac{<I^2> - <I>^2}{<I>^2}}$$

Ecuación 2: Índice de Centelleo

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Donde I es la intensidad de la señal, y < > denotan el valor promedio. El índice de centelleo es relativo a las fluctuaciones pico a pico de la intensidad.

- Rotación de la Polarización

Se refiere a la interacción causada por las ondas de radio con los electrones de la ionosfera, en presencia del campo magnético de la tierra. Esta condición es conocida como efecto Faraday, la cual puede afectar gravemente a las comunicaciones en VHF que usan polarización lineal. La rotación del plano de polarización ocurre debido a que los dos componentes de rotación de las ondas viajan a través de la ionosfera con velocidades de propagación distintas.

El ángulo de rotación, θ, depende de la frecuencia de las ondas de radio, el campo magnético, y la densidad de electrones.

$$\theta = 236 B_{av} N_T f^{-2}$$

Ecuación 3: Ángulo de rotación de Faraday

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Donde θ es el ángulo de rotación de Faraday en radianes; B_{av} es el módulo del campo magnético terrestre; f es la frecuencia en GHz; y N_T es el TEC en e/m^2.

La Figura 4 muestra la variación del ángulo de rotación de Faraday para frecuencias desde 100 MHz hasta los 10 GHz, con un rango de densidad de electrones variando desde 10^{16} hasta 10^{19} e/m^2 y un valor promedio del campo magnético de $5x10^{21}$ Wb/m^2. Evidenciando que a medida de mayor frecuencia menor cantidad de rotación de Faraday

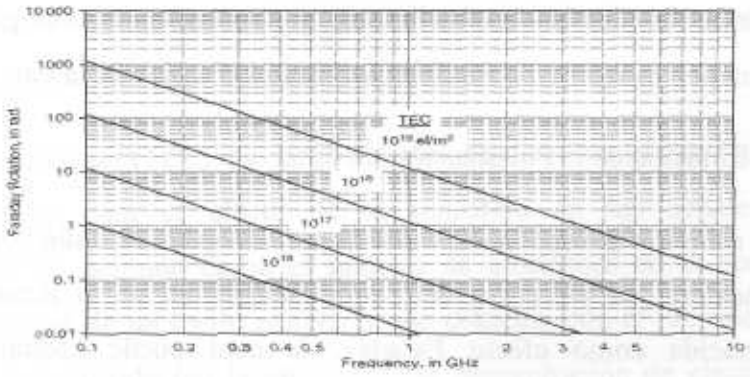


Figura 4: Angulo de rotación de Faraday en función de la frecuencia y el TEC

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

- Retardo de grupo o Retardo de propagación

Refiere a la reducción de la velocidad de propagación de la onda causada por la presencia de electrones libres en el camino de propagación. Esta reducción de velocidad se traduce en un retardo en el tiempo aumentando así el tiempo esperado para la recepción de la señal. Este efecto es extremadamente crítico para los enlaces de radionavegación debido a que estos requieren una certeza en el tiempo de propagación para tener así un exitoso rendimiento. Este retraso es aproximadamente proporcional al reciproco de la frecuencia al cuadrado.

$$t = 1{,}345\frac{N_T}{f^2}\ x\ 10^{-25}$$

Ecuación 4: Retardo de Grupo

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Donde t es el retardo de grupo en segundos (s); f es la frecuencia de la onda, en GHz; y N_T es el TEC en e/m^2.

En la Figura 5 se puede observar la variación del retardo de grupo sobre un rango de frecuencias, y una densidad de electrones q van desde los 10^{16} hasta los 10^{19} e/m^2.

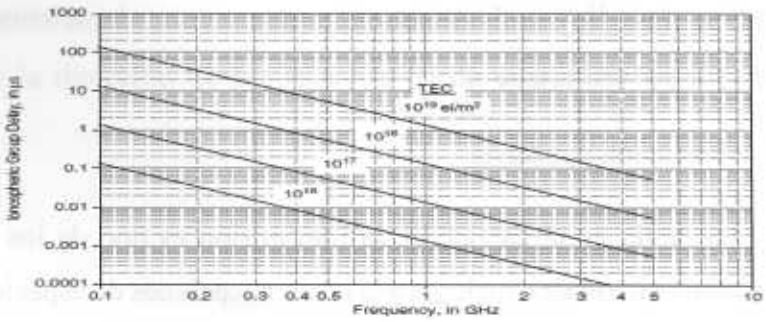


Figura 5: Retraso de grupo en la ionosfera

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

- Dispersión

Cuando las ondas poseen un significante ancho de banda propagándose por la ionosfera, el retraso de propagación, que es función de la frecuencia, introduce dispersión. El efecto de la dispersión introduce distorsión en el ancho de banda de las señales y los sistemas de VHF y posibles de UHF que se transmiten deben tener esto en cuenta.

- Propagación por encima de los 3 GHz

Como se indica en el Capítulo 6.4 de (Ippolito Jr, 2008). Muchos satélites de comunicación, sus enlaces operan en bandas por encima de los 3 GHz, incluyendo la banda C, Ku, Ka, y la banda V, las aplicaciones de estos satélites incluyen:

a) Servicio fijo por satélite (FSS por sus siglas en ingles).

b) Enlace de bajada para usuarios de satélites de difusión (BSS).

c) Enlaces de almacenamiento de BSS y servicios móviles de satélites (MSS).

d) Comunicaciones de espacio profundo

e) Enlaces de comunicación militar.

La troposfera es la principal causa de problemas en la transmisión de los satélites de comunicación operando en dichas bandas. Los principales problemas son la

atenuación por lluvia, la atenuación por gases, la atenuación por nubes, y despolarización por lluvia.

- Atenuación por lluvia

La lluvia en el camino de la transmisión es uno de los mayores efectos del clima en lo que concierne a las comunicaciones de espacio-tierra en las bandas superiores a los 3 GHz. La lluvia es particularmente crítica en frecuencias superiores a los 10 GHz. Las gotas de agua absorben y dispersan la energía de la onda electromagnética, resultando lo que llamamos atenuación por lluvia (es una reducción de la amplitud de la señal transmitida), lo que genera una degradación de la calidad del enlace. Adicionalmente la estructura no esférica de las gotas de agua pueden también cambiar las características de polarización de la señal resultando así una despolarización por lluvia. Los efectos de la lluvia dependen de la frecuencia de trabajo, la tasa de lluvia, la distribución del tamaño de la gota, la forma de caída de la lluvia, temperatura del ambiente y presión.

El desarrollo clásico para determinar la atenuación de la lluvia en las transmisiones está basado en 3 suposiciones que describen la naturaleza de las ondas y las precipitaciones:

a) La intensidad de la onda decae exponencialmente ya que se propaga a través del volumen de la lluvia.

b) Las gotas de lluvia se asumen que son gotas de agua esféricas, que tanto la absorción de la energía como la dispersión inciden en la onda de radio.

c) La contribución de cada gota es aditiva e independiente una de otra.

La atenuación de las ondas propagándose a través de un volumen de lluvia de medida L en la dirección de propagación puede expresarse de la siguiente manera:

$$A = \int_0^L \alpha \, dx$$

Ecuación 5: Atenuación por lluvia

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Donde α es la atenuación por lluvia en el volumen específico expresado en dB/Km.

Considerando una onda plana que es transmitida con una potencia pt *watts* que incide en un volumen de gotas de agua esféricas uniformemente distribuidas, todas de radio r que se extiende sobre una longitud L en dirección de propagación de la onda, tal como muestra la Figura 6.

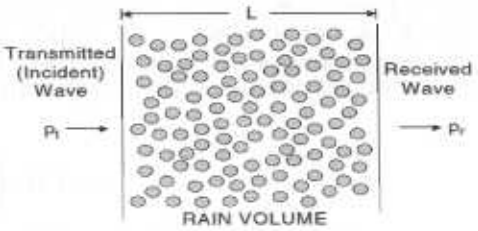


Figura 6: Onda plana incidiendo en un volumen de lluvia de longitud L

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Partiendo de esta suposición la intensidad de la onda decae exponencialmente a través del volumen de la lluvia, entonces la potencia de recepción sería:

$$p_r = p_t e^{-kL}$$

Ecuación 6: Potencia de recepción

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Siendo k el coeficiente de atenuación por volumen de lluvia, expresada en unidades reciprocas a la longitud.

La atenuación de la onda expresada en dB viene dado por la siguiente ecuación:

$$A(dB) = 10\log\frac{p_t}{p_r}$$

Ecuación 7: Atenuación por Lluvia

Fuente: (Ippolito Jr, 2008)

Sustituyendo la Ecuación 6 en la Ecuación 7 se obtiene:

$$A(dB) = 4{,}343kL$$

Ecuación 8: Atenuación por lluvia simplificada

Fuente: : (Ippolito Jr, 2008)

- Atenuación por Niebla y nubes de lluvia

Interpretando a (Maral & Bousquet, 2009). La atenuación por las nubes depende principalmente de la frecuencia, el ángulo de elevación, la altitud de la estación, y la concentración de vapor de agua en el ambiente. Dicha atenuación puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\gamma_r = KM\left(\frac{dB}{Km}\right)$$

Ecuación 9: Atenuación por niebla o nubes de lluvia

Fuente: (Maral & Bousquet, 2009)

Donde el valor aproximado de K es $1{,}2\ x10^{-3}f^{1,9}$ (dB/Km)/ (g/m^3), f es expresada en GHz y M es la concentración de agua de la nube o de niebla en (g/m^3). Aunque la atenuación por nubes de lluvia o niebla es usualmente mucho menor que la atenuación debido a la lluvia, esta sin embargo es observada gran parte del tiempo.

- Despolarización

Desarrollando lo expresado por (Ippolito Jr, 2008). Despolarización se refiere al cambio de las características de polarización de las ondas de radio causadas

por dos razones principalmente. La primera por las hidro-partículas, principalmente de la lluvia y el hielo que se encuentran en el recorrido de la onda. La segunda debido a la propagación multitrayecto.

Una radioeléctrica despolarizada tendrá su estado de polarización alterado ortogonalmente con respecto al estado de polarización deseado, produciendo así *crosspolarización* entre dos canales ortogonales. La despolarización producida por la lluvia afecta principalmente a bandas de frecuencia superiores a los 12 GHz, y particularmente sistemas que usan dos canales polarizados ortogonalmente sobre la misma banda de frecuencia.

La despolarización inducida por lluvia produce una atenuación y cambio de fase causada por las gotas de lluvia no esféricas. La Figura 7 muestra el efecto de la despolarización in términos de los vectores campo eléctrico E polarizado linealmente. Los vectores E_1 y E_2 son transmitidos en polarización vertical y horizontal respectivamente y ortogonales entre ellos. Las ondas transmitidas son despolarizadas por el medio en distintas componentes tal como se muestra en la Figura 7.

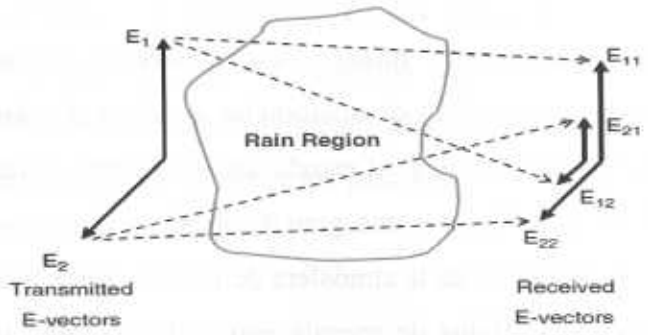


Figura 7: Componentes de la despolarización de ondas linealmente polarizadas

Fuente: : (Ippolito Jr, 2008)

El factor de discriminación de crosspolarización, XPD, se define para una onda de polarización lineal como:

$$XPD_1 = 20\log\frac{|E_{11}|}{|E_{12}|}$$

Ecuación 10: Factor de discriminación de crosspolarización para la dirección E_1

Fuente: : (Ippolito Jr, 2008)

Para la dirección de E_2:

$$XPD_2 = 20\log\frac{|E_{22}|}{|E_{21}|}$$

Ecuación 11: Actor de discriminación de crosspolarización para la dirección E_2

Fuente: : (Ippolito Jr, 2008)

E_{11} y E_{22} son los campos eléctricos recibidos en la polarización correcta, E_{12} y E_{21} son los campos eléctricos polarizados de manera ortogonal a la que fueron enviados (manera no deseada).

II.2 Estaciones Meteorológicas

Haciendo referencia al portal web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología a continuación se presentan conceptos relacionados con los tipos de estaciones meteorológicas con los cuales se pueden apreciar sus diferencia y determinar cuál es la que mejor se adapta para el proyecto.

Para poder observar y medir todos aquellos fenómenos que afectan las comunicaciones satelitales y de microondas se deben abordar varios de los fenómenos que ocurren en la atmósfera, el estudio de los mismo se define como meteorología. Estos eventos se refieren a una gran variedad de procesos, incluyendo entre otros aspectos el movimiento de la atmósfera definidos como la meteorología dinámica, su interacción con los flujos de energía entre ellos la radiación solar e infrarroja, los procesos termodinámicos que llevan a la formación de las nubes y la generación de la precipitación en forma de lluvia, nieve o granizo, los intercambios de energía con la superficie entre los cuales están el transporte de calor y vapor de agua, las reacciones químicas desde la formación de la capa de ozono hasta la generación de

contaminantes, los fenómenos eléctricos como los rayos y los efectos ópticos como el arco iris, espejismos, halos en el Sol y la Luna.

Se requiere de una instalación destinada a medir y registrar regularmente las diversas variables meteorológicas, la cual se denomina Estación Meteorológica. Todos estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

Se puede clasificar a las estaciones meteorológicas de la siguiente manera:

- Agrometeorológicas

Se realiza el estudio y la observación biológica, así como se analiza la relación entre los factores climáticos y el ciclo de los seres vivos, con el cual se puede determinar las posibles relaciones entre el tiempo y el clima o las plantas y los animales.

- Aeronáuticas

Su instalación se realiza en los aeródromos, comúnmente se realizan estudios sinópticos que satisfagan las necesidades de la aeronáutica. Estas observaciones se comunican a todos los aviones con regularidad en los momentos de despegue y aterrizaje, con el objetivo que cada piloto tenga la capacidad de conocer los elementos esenciales de la atmósfera en el momento adecuado, manteniendo de esta manera la seguridad de la nave, la tripulación y los pasajeros.

- Climatológicas

A través de los sensores adecuados se puede realizar el estudio y la observación de fenómenos como: tiempo atmosférico, cantidad, visibilidad, precipitaciones, temperatura del aire, humedad, velocidad del viento y otros eventos especiales.

- Sinópticas

Se estudian los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Las mediciones que se realizan corresponden a nubosidad, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, humedad, precipitaciones, capas significativas de las nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos. Esta información se codifica y se intercambia a través de los centros mundiales con el fin de alimentar los modelos globales y locales de pronóstico y para el servicio de la aviación.

Según el Instituto Nacional de meteorología E Hidrología (INAMEH) los programas de observación en todo el globo terrestre deben utilizar una sola escala de tiempo (Tiempo Medio de Greenwich o *Greenwich Mean Time (*GTM*)*), razón por la cual existe la Organización Meteorológica Mundial (OMM), que se encarga de hacer cumplir las normas y reglas para las actividades meteorológicas.

Algunas de las mediciones que se realizan en estas instalaciones son:

- Temperatura en la superficie, niveles máximos y mínimos.
- Presión atmosférica en la superficie.
- Cantidad de lluvia caída en determinado tiempo.
- Humedad relativa del aire.
- Velocidad y dirección del viento.

II.3 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH)

Haciendo referencia al portal web del instituto. En el año 1993 la Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología del CONICIT crea un programa para la modernización de la hidrometeorología nacional. En julio de 1998, el anterior Ministerio del

Ambiente y Recursos Naturales (MARN) activa la Unidad Ejecutora del Programa VENEHMET, esta tiene como misión propiciar y concretar las acciones necesarias para la implantación del bosquejo y la creación del nuevo instituto.

En diciembre de ese mismo año el Programa VENEHMET firma un contrato de financiamiento con la Corporación Andina de Fomento (CAF) con el objeto de crear una institución pionera en el país dentro del área de meteorología e hidrología.

En el Programa VENEHMET, un importante esfuerzo interinstitucional, participa el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) como organismo ejecutor, la Fuerza Aérea Venezolana (FAV), la Electrificación del Caroní (CVG-EDELCA), la Armada de Venezuela, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), la Universidad Central de Venezuela (UCV), la Universidad de los Andes a través del CIDIAT y la Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología (CNMeH).

Utilizando la infraestructura existente, con el proyecto en operación y la participación de los distintos ministerios y cuerpos gubernamentales asociados, se crea en 1994 el Centro Nacional de Alerta y Pronóstico Hidrometeorológico (CENAPH) bajo la dirección de la Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología, cuya función es la de recolectar datos en tiempo real desde los sistemas de sensores en las estaciones ubicadas en las diferentes cuencas del país.

Luego de un proceso de análisis se decide dar paso a la creación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) con la aprobación por parte de la Asamblea Nacional, y por la iniciativa del CONICIT y el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente en el 2003.

Se establece entre las funciones del INAMEH integrar los distintos servicios de meteorología e hidrología que ofrecen diferentes instituciones en el país, modernizar la recolección de datos e integrar y generar información a nivel regional y nacional.

En el 2006 se aprueba el marco legal que regula las actividades del INAMEH, el cual se publica en Gaceta Oficial N° 5.833 el 22 de diciembre. Este se elabora tomando en cuenta normas internacionales en materia de hidrometeorología, y en especial la normativa de la Organización Meteorológica Mundial.

En el 2008 el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) inicia sus operaciones en el Parque Tecnológico Sartenejas y se aboca a trabajar "por la recuperación del servicio hidrometeorológico nacional".

II.4 Redes meteorológicas venezolanas

"Venezuela presenta una enorme variabilidad fisiográfica: las cuencas del Amazonas y del Orinoco, zonas planas (llanos colombianos y venezolanos) y zonas montañosas (Andes colombianos, venezolanos y la Cordillera de la Costa en Venezuela). Debido a su configuración y ubicación, Venezuela es un país con gran diversidad de zonas climáticas, producto del comportamiento de los elementos meteorológicos, como la radiación, temperatura, precipitación, evaporación, humedad atmosférica, nubosidad, viento, aunado a los factores de continentalidad, relieve, altitud, longitud y latitud."(Rodríguez de Paiva, Cortez Marín, Núñez, Ovalles, & Rey, 2006).

Parafraseando a (Rodríguez de Paiva, Cortez Marín, Núñez, Ovalles, & Rey, 2006) tenemos que las redes meteorológicas en el país se encuentran divididas por regiones según el relieve que presente la zona ya sea montañosa o plana. El país se encuentra dividido en seis zonas geográficas: occidental, centro occidental, central, los llanos, oriental y Guayana. Para efectos del presente trabajo de grado se estudiaran los diferentes fenómenos atmosféricos de la región central. En la Figura 8 se pueden apreciar las estaciones presentes en la zona.

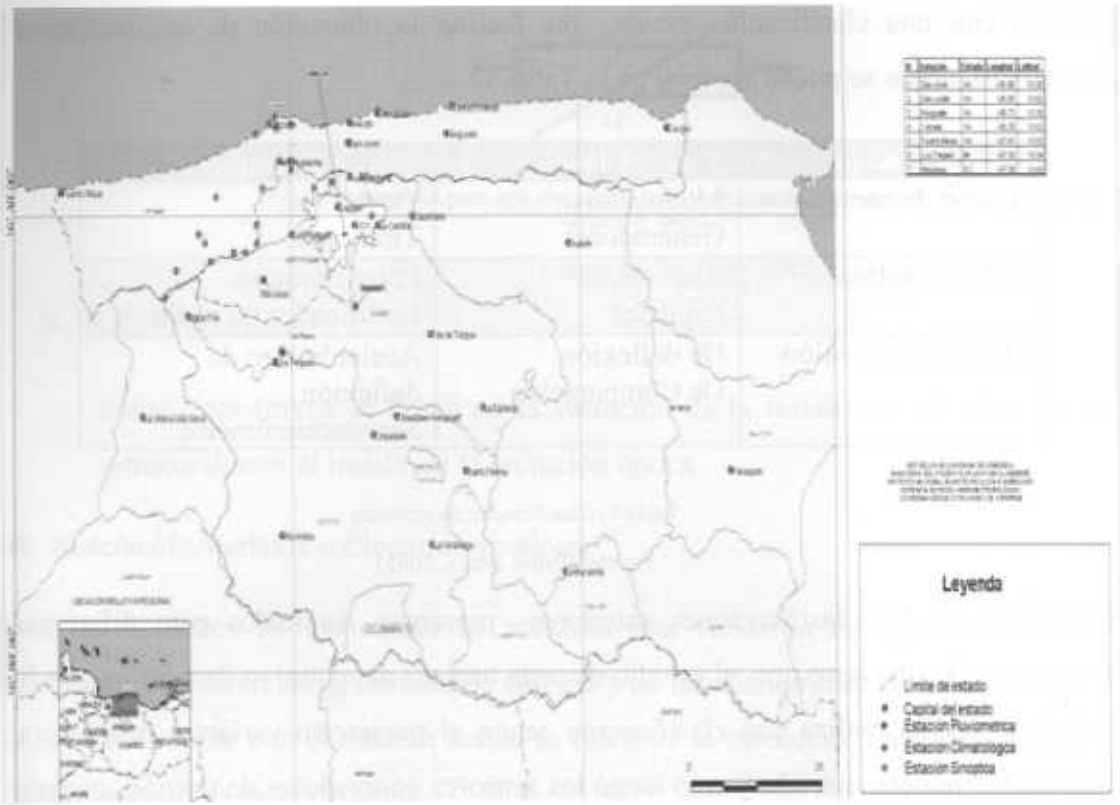


Figura 8: Estaciones Meteorológicas en la Zona Central

Fuente: INAMEH

II.5 Sensores

La investigación presentada a continuación se encuentra basada en el libro Sensores y Acondicionadores de Señal realizado (Pallás Areny, 2005) y el artículo Sensores de Reactancia Variable y Electromagnéticos(Sanchez Garcia, 2002).

El sistema de medida se realiza con el fin de vigilar o estudiar procesos que no pueden ser apreciados con facilidad, para cumplir con este estudio se necesita realizar la adquisición y el procesamiento de la información, así se pueden presentar los resultados de forma que sean percibidos por nuestros sentidos. La adquisición de información se realiza por medio de sensores, los cuales son dispositivos que transforman una señal física en una señal eléctrica, estos utilizan la energía del medio donde se realiza la medición, para poder ofrecer una señal de salida que es función de la variable que se desea estudiar. Los sensores según el criterio del estudio a realizar

cuentan con una clasificación previa, que facilita la obtención de características específicas, como se puede apreciar en la Tabla 1.

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía.	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
Señal de salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De deflexión De Comparación	Acelerómetro de deflexión Servoacelerómetro

Tabla 1: Clasificación de sensores

Fuente: (Pallás Areny, 2005)

Cualquiera de las clasificaciones anteriores presentan resultados para diferentes situaciones, lo que hace que el estudio de cada una sea de excesivo desarrollo, por lo que a su vez se realiza una clasificación según el parámetro variable: resistencia, capacidad, inductancia, añadiendo luego los sensores generadores de tensión, carga o corriente.

- Resistivos

Estos dispositivos están basados en la variación de la resistencia eléctrica del material, ya que ésta se ve afectada por muchas magnitudes físicas. Según las magnitudes físicas medidas y el tipo de variables tenemos que se pueden clasificar en:

- Detectores de Temperatura Resistivos

Fundamentalmente se refiere a la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. En la Figura 9 se puede apreciar el símbolo general en el cual se indica una variación lineal con coeficiente de temperatura positivo. Estos dispositivos se consideran apropiados para todas aquellas aplicaciones en la que la exactitud de la medida es crítica.

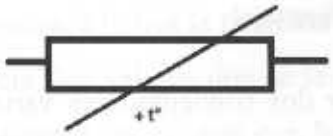


Figura 9: Símbolo para una resistencia con dependencia intrínseca de la temperatura y variación lineal

Fuente: (Pallás Areny, 2005)

- Fotorresistencias

Estos dispositivos se basan en la variación de la resistencia eléctrica de un semiconductor al incidir en la radiación óptica.

- Reactancia Variable o Electromagnéticos

Son los sensores en los cuales se presenta una variación de la reactancia del componte, requieren carga mínima de energía y no necesariamente se debe establecer un contacto físico con el sistema donde se realizará la medición. La clasificación de estos dispositivos es la siguiente:

- Capacitivos

Están basados en la variación de la capacidad de un condensador como consecuencia de la variación de la magnitud física a medir. Las limitaciones de este dispositivo se presentan según el capacitor que se emplee.

- Capacitor variable:

El aislamiento entre las placas debe ser alto y constante para evitar las resistencias parasitas. Son sensibles a la presencia de conductores próximos, se debe evitar que aparezcan interferencias capacitivas. Presentan una impedancia de salida alta, lo que limita a trabajar con circuitos de medida que tenga una impedancia de entrada igual o superior.

- Capacitor diferencial:

  Formado por dos condensadores variables dispuestos físicamente de tal modo que experimenten el mismo cambio, bajo la acción de la magnitud a medir pero en sentidos opuestos. Se consigue una salida lineal y una mayor sensibilidad.

➢ Inductivos

Están basados en la variación de la inductancia variable a la transducción. Estos dispositivos se encuentran limitados de la siguiente forma: la relación de la inductancia y la resistencia debe ser constante en todo el dispositivo.

❖ Sensores Generadores

Son todos aquellos sensores que a partir de la magnitud que miden son capaces de generar una señal eléctrica sin necesitar alimentación alguna. Se pueden emplear para la generación de acciones no eléctricas a partir de señales eléctricas, debido a que se encuentran relacionados con efectos reversibles.

❖ Sensores digitales

Se caracterizan por ofrecer al su salida una señal en forma digital, debido a el acondicionamiento de la señal y su mayor inmunidad a las interferencias electromagnéticas. Se pueden clasificar en:

➢ Codificadores de posición

Siendo su entrada una señal analógica, se obtiene directamente a su salida una señal digital. Inicialmente se utilizan para las posiciones lineales y angulares, pero además se pueden considerar:

- Incrementales: requieren la unión solidaria al elemento cuya posición desea medirse, pueden ser de tipo magnético, eléctrico u óptico y su salida puede ser en forma de un tren de pulsos.

- Absolutos: la salida entregada indica la posición del elemento móvil con respecto a una referencia, los valores que se le asignan a las zonas del elemento, permiten distinguir las mismas con bastante facilidad por ser valores no intermedios.

Los sensores más resaltantes en una estación meteorológica se pueden apreciar en la Tabla 2.

Instrumento	Parámetro que permite medir
Termómetro	Temperatura (°C, °K, °F)
Pluviómetro	Precipitación
Barómetro	Presión Atmosférica
Anemómetro	Velocidad del viento

Tabla 2 : Sensores Meteorológicos

II.6 Tecnologías Inalámbricas

La investigación que se presenta a continuación está basada en los artículos: *Microsoft Corporation.* Configuración de redes inalámbricas IEEE 802.11 de *Windows XP* para el hogar y la pequeña empresa y Redes inalámbricas 802.11

Las redes inalámbricas son aquellas donde la transmisión de datos se realiza por medio de ondas electromagnéticas sin la necesidad de que exista un medio físico entre los terminales, de esta manera se le otorga al usuario una gran movilidad sin que se pierda la conexión. En la Tabla 3 se puede apreciar su clasificación según el alcance.

Tipo	Alcance
PAN (Personal Area Network)	30 metros
WAN/MAN (Wide Area Network/Metropolitan Area Network)	Desde decenas hasta miles de kilómetros
LAN (Local Area Network)	Desde varios kilómetros hasta decenas de metros.

Tabla 3: Clasificación de las Redes Inalámbricas

Algunas de las tecnologías inalámbricas son: *Wi-Fi* y GPRS a continuación se presenta los aspectos más resaltantes de cada una.

II.6.1 Tecnología Wi-Fi (*Wireless Fidelity*)

Siendo esta estandarizada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos bajo la norma IEEE 802.11, en el cual se caracterizan las redes de área local (WLAN). El término *Wi-Fi* tiene como significado fidelidad inalámbrica, este nombre fue otorgado por la *Wi-Fi Alliance,* la cual es una organización comercial que certifica que los equipos cumplen con los estándares 802.11 (frecuencia 2.4GHZ y velocidades de 2Mbps).

Según (Tanenbaum, 2003) a nivel físico se tiene que:

IEEE	Técnica	Modulación
802.11	FHSS	FSK
	DSSS	PSK
802.11a	OFDM	PSK o QAM
802.11b	DSSS	PSK
802.11g	OFDM	Diferente

Tabla 4: Nivel Físico de 802.11

Se puede apreciar que se nombran diferentes estándares en la tabla anterior, siendo estos las variaciones de *Wi-Fi* original por lo que en la Tabla 5 se resumen las características propias de cada una de variantes.

Estándar	Velocidad Alcanzada (Teórica)	Velocidad Alcanzada (Practica)	Banda de Frecuencia
IEEE 802.11a	54 Mbit/s	20 Mbit/s	5GHz
IEEE 802.11b	11 Mbit/s	5,9 Mbit/s	2.4GHz
IEEE 802.11g	54 Mbps	22 Mbit/s	2.4GHz
IEEE 802.11n	300Mbit/s	108Mbit/s	2.4GHz

Tabla 5 : Variantes del Estándar 802.11

II.6.2 Tecnología GSM/GPRS (*General Packet Radio Service*)

Según (Forouzan, 2007) la tecnología GPRS (Servicio de Radio de Paquetes Generales) es una red de paquetes superpuestos encima de D-AMPS o GSM , que permite la transmisión y recepción de paquetes IP.

Una conexión GPRS está establecida por la referencia a su nombre del punto de acceso (APN), como bien lo indica su nombre es un servicio orientado a radio enlaces que da mejor rendimiento a la conmutación de en dichos radio enlaces. Para fijar una conexión de GPRS para un módem inalámbrico, un usuario debe especificar un APN, opcionalmente un nombre y contraseña de usuario, y muy raramente una dirección IP, todo proporcionado por el operador de red. Con esta tecnología se pueden utilizar los servicios tales como *Wireless Application Protocol* (WAP), servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS), Internet y para los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la *World Wide Web* (WWW).

El acceso al canal utilizado se basa en divisiones de frecuencia sobre un dúplex y TDMA. Durante la conexión, al usuario se le asigna un canal físico, formado por un bloque temporal en una portadora concreta. Ese canal será de subida o bajada dependiendo de si el usuario va a recibir o enviar datos. Esto se combina con la multiplexación estadística en el dominio del tiempo, permitiendo a varios usuarios compartir el mismo canal físico, ya sea de subida o de bajada. Los paquetes tienen longitud constante, correspondiente a la ranura de tiempo del GSM. El canal de bajada utiliza una cola FIFO para los paquetes en espera, mientras que el canal de subida utiliza un esquema similar al de ALOHA con reserva. En resumen, se utiliza un sistema similar al ALOHA ranurado durante la fase de contención, y TDMA con una cola FIFO durante la fase de transmisión de datos.

II.6.3 NAT vs. VPN

- ***Virtual Private Network* (VPN):** La red virtual privada permite la transmisión de paquetes de datos a través de la encapsulación y una posible encriptación a distintos puntos terminales mediante una infraestructura pública de transporte, se puede decir, que los paquetes de datos viajan por medio de un túnel definido en la red pública. Este tipo de red representa una solución en cuanto a seguridad, confiabilidad e integridad de los datos, permitiendo la reducción de los costos para la transferencia de la data, mediante la herramienta de acceso

remoto se pueden realizar diagnósticos y mantenimientos de los terminales. Pero es importante resaltar que para la implementación de este tipo de red se deben establecer correctamente las políticas de seguridad y acceso para evitar problemas posteriores.

- ***Network Address Traslation*** **(NAT):** Una red NAT es la herramienta que permite que las direcciones IP sean mapeadas desde un dominio de direcciones a otro, la traducción de las direcciones va a depender de las distintas aplicaciones que se desean prestar, sin embargo este tipo de redes presentan en todas sus variantes las siguientes características: una asignación transparente de direcciones, reenvío de paquetes de manera transparente mediante la traducción de direcciones, traducción de carga útil de los paquetes de error de ICMP. La principal ventaja de estas redes es que se pueden establecer varios host dentro de una red privada (utilización de direcciones IP reservadas para tal fin), tengan acceso a Internet con tan solo usar unas pocas direcciones públicas (también conocidas como direcciones IP válidas).

Capítulo III
Metodología y Desarrollo

En este capítulo se presentan las distintas fases que se realizaron para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos. Estas fases se ilustran en la Figura 10 a continuación y se explican a lo largo de este capítulo.

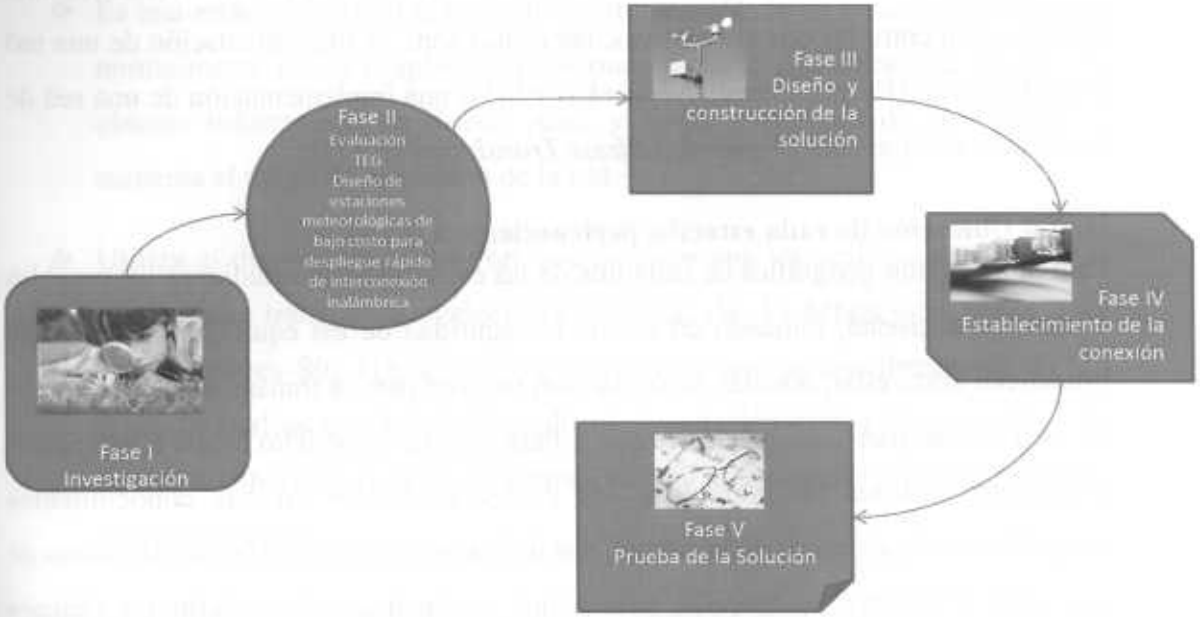


Figura 10: Esquema de Fases del proyecto

III.1 Investigación

III.1.1 Investigación Teórica

Inicialmente se realizó un estudio de los factores climáticos y bajo qué condiciones afectan directamente las comunicaciones satelitales, estableciendo cuales deberían ser las variables estudiadas en las estaciones meteorológicas, dichas variables se pueden determinar gracias a la información que suministra el INAMEH. Basados en este estudio se procede a realizar una comparación entre las estaciones disponibles, resaltando su aspecto técnico, su funcionamiento, la precisión adecuada de los sensores y la manera en que se establece la comunicación con otras estaciones.

III.1.2 Análisis de la transmisión

En el momento de seleccionar el estándar a utilizar para la recolección y el envío de los datos a través de la red de manera inalámbrica se realizó un estudio de las dos alternativas que presentarán el menor costo, las cuales son: una transmisión GPRS o una transmisión *Wi-Fi*.

III.1.3 Seguridad de la transmisión

Una manera de brindar seguridad a la hora de enviar los datos es elaborar una comparacion entre las dos alternativas, las cuales son: la implementación de una red virtual privada (*Virtual Private Network (VPN)*) o una implementación de una red de traducción de dirección (*Network Address Translation* (*NAT*)).

III.1.4 Ubicación de cada estación perteneciente a la red

Para la ubicación geográfica de cada una de las estaciones, se estudiaron los posibles puntos de la ciudad, tomando en cuenta la seguridad de los equipos, una distancia prudencial entre ellas, además de contar con una red para la transmisión de los datos de fácil acceso para conectar los equipos. Para esto se les solicitó ayuda a ingenieros civiles especialistas en hidráulica, los cuales basándose en sus conocimientos geográficos y topológicos de la ciudad, nos indicaron cuales deberían ser las zonas de la ciudad en las que se deberían estudiar los parámetros meteorológicos y obtener registros de los mismos.

III.2 Evaluación de la solución del Trabajo Especial de Grado "Diseño de Estaciones Meteorológicas de Bajo Costo para Despliegue Rápido con Interconexión Inalámbrica"

La solución que otorga dicho Trabajo Especial de Grado (Asunción & Carruyo, 2011), es propuesta para ser la utilizada en esta red, ya que cumple con la mayoría de los requisitos técnicos, es de fabricación propia lo que permite colocar todos los sensores necesarios para estudiar las variables deseadas, desde el punto de vista económico no es la menos costosa, pero esta opción presenta la ventaja de diseño propio, el cual permite reproducirlo fácilmente. Resaltando algunas características de dicha solución tenemos:

- Por ser de elaboración propia no es dependiente de ningún protocolo propietario o alguna tecnología desarrollada por otra compañía, pues todo se desarrolla utilizando software libre, sensores y componentes electrónicos disponibles en el mercado. Esto tiene como ventaja que se conoce el funcionamiento completo de la estación, lo que facilitará el desarrollo de nuevas funciones o mejoras del equipo y el mantenimiento de la red a futuro.

- Es una estación portátil que puede ser implementada en áreas urbanas donde normalmente no se despliegan estaciones fijas, lo que brinda la ventaja de obtener información en dichas zona, y al ser estaciones de bajo costo se aumenta el rango de operación de la red.

- Utiliza el dispositivo MatchPort que requiere una transmisión por Wi-Fi, lo que permite trabajar con velocidades teóricas de 11 Mbps y 54 Mbps, para los estándares 802.11b y 802.11g respectivamente a una frecuencia de 2,4 GHz, la cual es una banda libre disminuyendo los costos de operación. En cuanto a cobertura se tiene un alcance de 100 metros entre el dispositivo y el punto de acceso.

Luego se realizó una comparación en cuanto al costo de cada estación estudiada. En el momento de evaluar que se cumpliera con cada uno de los requerimientos técnicos y se presentara el menor costo posible se determinó la posible estación a emplear.

III.3 Diseño y Construcción de la solución

En esta fase del proyecto se despliegan las diferentes etapas realizadas para diseñar y construir la solución propuesta. Estos se muestran en la Figura 11 y se explican detalladamente en las partes subsiguientes.

Figura 11: Diagrama de Diseño y Construcción

III.3.1 Adquisición de los datos

A continuación se presenta la manera en que cada sensor perteneciente a los terminales de la red, cumple con su funcionalidad y la manera en la que se adquiere la data desde cada uno de ellos, a través de diferentes rutinas que posteriormente serán programadas en el microcontrolador. El correcto funcionamiento de cada sensor es comprobada en el Trabajo Especial de Grado (Asunción & Carruyo, 2011) así como se sigue la misma programación elaborada en el trabajo antes mencionado para los microcontroladores.

Para dichas rutinas es necesario el empleo de un microcontrolador que permita funciones como: módulo de comunicación serial (UART), interrupciones externas, conversor A/D, entre otras. En el mercado existen los DsPIC serie 30F los cuales constan de las funciones anteriormente mencionadas, para esta solución se pueden emplear los modelos 30F4011 o el 30F3011 las diferencias entre estos modelos son mínimas presentando como la más notable la capacidad de memoria, y la utilidad de uno o del otro dependerá principalmente de lo extenso del programa, el cual puede ser escrito en lenguaje C.

III.3.1.1 Anemómetro

Tiene la funcionalidad de medir la velocidad del viento. Se encuentra constituido por un dispositivo giratorio, el cual es capaz de cerrar un circuito mediante un interruptor

magnético cada vez que da una vuelta. Según las especificaciones del fabricante si el circuito se cierra en un segundo es equivalente a 2,4 Km/h, por lo consiguiente el algoritmo se desarrolla en función de cuantas veces se cierra el circuito en un segundo.

Se realiza una interrupción con la que se puedan registrar la cantidad de veces que el circuito es cerrado para un tiempo establecido, dicha interrupción externa es denominada (INT1). También es necesario la creación de una rutina *timer* (TIMER1), que es un contador de 16bits; el tiempo total posible para un *prescaler* de 1:64 es de 4,19 segundos si se utiliza un cristal externo de 4 MHz, lo que cumple con los requerimientos de la aplicación. En la rutina *timer* se deben configurar los registros como el PR1, el cual indica la cuenta máxima que realiza el temporizador, y se establece con el valor de 15.625 equivalentes a un segundo, de acuerdo a la ecuación del fabricante tal como se puede apreciar en la Ecuación 12.

$$PR1 = \frac{Fosc * \Delta t(s)}{4 * Prescaler}$$

Ecuación 12: Fórmula para el cálculo de PR1

Fuente: *Datasheet* DsPic 30f4011

Al activar el *timer* y utilizar la rutina de interrupción, se registra cuantas veces se cierra el circuito durante el tiempo establecido por PR1. Para determinar la velocidad del viento es necesaria la multiplicación del número de revoluciones por segundo y el valor de referencia dado por el fabricante (2,4Km/h).

Para evitar problemas de rebotes de voltaje, es decir, que se ejecute varias veces la rutina de interrupción causando un aumento del contador incorrecto, es necesario implementar un filtro constituido por un condensador de un microfaradio (1μF) conectado de la siguiente manera.

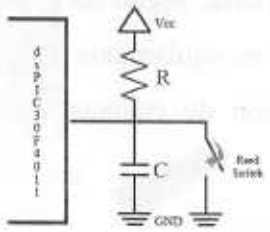


Figura 12: Filtro para Eliminar los Rebotes

Fuente: (Asunción & Carruyo, 2011)

III.3.1.2 Pluviómetro

Tiene como función medir la cantidad de precipitación. Se encuentra constituido por una balanza con dos contenedores triangulares de capacidad 0.2794mm^3, cada contenedor al llegar a su límite baja activando un interruptor magnético que completa el circuito eléctrico, lo que permite que el otro contenedor se posicione para repetir el proceso. La manera en que se debe calcular la cantidad de milímetros de lluvia que caen, depende de la cantidad de veces que se active el interruptor al cerrar el circuito y de la capacidad del contenedor, se debe realizar la multiplicación de estas dos variables.

Se realiza una interrupción que detecte los flancos de bajada, es decir, cada vez que el circuito es cerrado se cambia de un nivel alto, a un nivel bajo de voltaje y se ejecuta la rutina de esta interrupción. Esta interrupción es externa y se denomina INT0 en el microcontrolador; cada vez que se ejecuta se aumenta un contador que almacena el acumulado de lluvia. Dicho dispositivo se puede apreciar en la Figura 13

Figura 13: Pluviómetro Tipo Balancin

Este sensor también es sensible a los rebotes de voltaje producidos por el interruptor magnético por lo que se utiliza el mismo montaje de la Figura 12 para estabilizar la lectura en la entrada del microcontrolador.

III.3.1.3 Veleta

Tiene como funcionalidad medir la dirección del viento. Se encuentra constituido por ocho interruptores magnéticos que representan los puntos cardinales que puede medir (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). Es necesario medir el voltaje que cae en la resistencia de algunos de los puntos cardinales para determinar la dirección en la que está soplando el viento. En la siguiente tabla se presenta el valor de la resistencia de cada punto cardinal y el voltaje en la misma.

Codificación	Dirección	Resistencia(kΩ)	Voltios	Volt/Niv	Umbrales
0	E	1,00	0,45	0,0049	93
1	SE	2,20	0,90	0,0049	185
2	S	3,90	1,40	0,0049	287
3	NE	8,20	2,25	0,0049	461
4	SW	16,00	3,08	0,0049	630
5	N	33,00	3,84	0,0049	786
6	NW	64,90	4,33	0,0049	887
7	W	120,00	4,62	0,0049	945

Tabla 6: Codificación de la dirección del viento

Fuente: (Asunción & Carruyo, 2011)

Es necesario convertir el nivel de voltaje en una codificación binaria de 3 bits por lo que se hace uso del conversor A/D de diez (10) bits del microcontrolador. Se tiene que establecer un puerto para medir el voltaje del dispositivo, en este caso se utiliza el puerto (RBO), basta con activar el modo de muestreo automático de dicho módulo ya que la señal a medir no es periódica. Dicho módulo del microcontrolador tiene el rango de cuantificación entre 0 y 1024, lo que nos arroja que cada nivel es de 4,9 mV, lo que permite establecer umbrales entre cada nivel.

Este sensor también presentó problemas de rebotes de voltajes en la entrada del microcontrolador, porque igual que los demás utiliza los interruptores magnéticos que

tardan en estabilizarse. Para solucionar ese problema se utilizó un filtro mostrado en la Figura 12.

Junto al anemómetro, este sensor comparte una interfaz RJ11, y utiliza el par de cobre externo al conector mientras que el anemómetro utiliza el par de cobre en el medio del conector, esto se puede apreciar en la Figura 14.

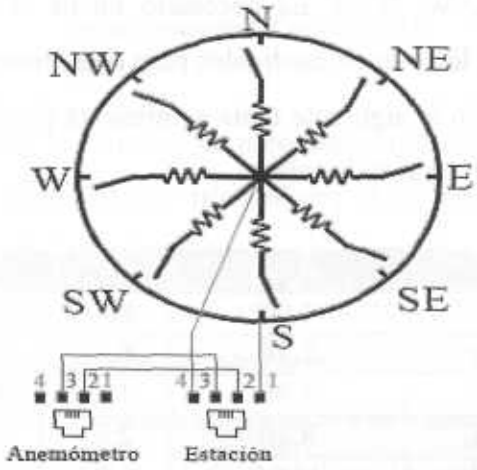


Figura 14: Diagrama de conexiones de la veleta

Fuente: (Asunción & Carruyo, 2011)

III.3.1.4 Tarjeta *Sparkfun USB Weather Board*

Tiene como funcionalidad medir presión humedad, nivel de luz ambiental y temperatura todo esto es posible a un grupo de sensores los cuales son: SCP1000 (sensor de presión barométrica), SHT11 (sensor de humedad y temperatura), TEMT600 (sensor de luz ambiental).Esta tarjeta cada segundo vía serial transmite la data a 9600 baudios con ocho (8) bits de datos, sin paridad y un bit de parada todos estos datos pertenecen a una cadena ASCII con todas las mediciones realizadas.

En este caso se realiza una rutina capaz de obtener los datos a través del módulo UART de esta manera almacenarlos en una variable *String* con la finalidad de un posterior análisis y la retransmisión. En dicha rutina se deben configurar los bit de control llamados PDSEL (bit 1 y 2) encargados de establecer la cantidad de bits de

datos y la paridad utilizada, además de se debe modificar el bit 0 denominado STSEL para establecer la cantidad de bits de parada, todos estos bits pertenecen al registro U1MODE.

Se debe configurar el registro U1BRG (Generador de tasa de Baudios) para ajustar la tasa de transmisión con la que se reciben los datos en el DsPIC a la tasa con que trabaja la tarjeta. Este registro se le debe asignar un valor en este caso es 51 y se obtiene mediante la Ecuación 13 siendo necesarios los valores de la tasa de baudios deseada y la frecuencia del oscilador. Se tiene que la frecuencia del cristal externo es de 4 MHz acoplado con un PLL de 8x, con lo que se consigue una frecuencia de 32MHz.

$$U1BRG = \frac{\frac{Fosc}{4}}{16 * Tbaudios} - 1$$

Ecuación 13: Fórmula para calcular el valor del generador de baudios

Fuente: *Datasheet* Dspic 30f4011

Posteriormente se debe activar el módulo UART, para esto es necesario habilitar el bit 15 del registro U1MODE llamado UARTEN. Luego es necesario habilitar el bit 10 del registro U1STA llamado UTXEN para permitir la recepción de los datos. En la librería UART.h existe una función denominada getsUART que permite guardar una cadena de datos con un tamaño conocido del registro de recepción de dicho módulo, llamado U1RXREG.

Por las características de la trama que es arrojada por la tarjeta se puede separar en diferentes celdas y de esta manera obtener los distintos parámetros leídos. A continuación se presenta una trama enviada por la tarjeta y en la tabla se presenta la separación de dicha trama por celdas.

#21.81,081.28,026.5,079.7,083534,918,0,000001$

Numero de Celda	Valor en la Trama	Medicion	Sensor
1	21.81	% de humedad.	SHT11
2	081.28	°F de temperatura	SHT15
3	026.5	°C de temperatura	SCP1000
4	079.7	°F de temperatura	SCP1001
5	83435	Pa de presión	SCP1002
6	918	luz ambiental	luz
7	0	Nivel de batería del sensor	
8	000001	# de registro	

Tabla 7: Separación de la Trama Enviada por la *Sparkfun USB Weather Board*

III.3.1.5 Sistema de Posicionamiento Global GPS

Este sensor presenta la oportunidad de saber con exactitud la ubicación desde el punto de vista topográfico de la estación, el tipo de trama que se obtiene de este sensor es NMEA (*National Marine Electronics Assotiation*), y arroja la información de las coordenadas de ubicación, el número de satélites que utiliza para definir la ubicación, la altitud con respecto al nivel del mar entre otros parámetros. Este dispositivo tiene por defecto una tasa de transmisión d 5400 baudios con el modo de transmisión 8N1.

Para efectos de este proyecto son necesarias solo las coordenadas tanto de longitud como latitud para definir la ubicación. A continuación se presenta el formato de la trama GGA de la cual solo se necesitarán los parámetros de latitud y longitud que corresponden a los campos 3 y 4, 5 y 6 respectivamente.

$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.2416,W,1,07,1.0,9.0,M,,,,0000*18

Sin embargo esta trama es necesario solicitarla, por lo tanto se debe enviar la una trama con el siguiente formato:

$PSRF103,0,10,0,0x0D,0x0A,0

Se debe configurar el puerto UART1 auxiliar de la misma manera que se explica anteriormente, además se debe activar el bit 10 del registro U1MODE correspondiente a ALTIO para enviar y recibir los datos por el puerto auxiliar, y configurar la tasa de transmisión igual a la del dispositivo.

El envío de los datos se realiza mediante la función sendUART (elaborada para la solución del Trabajo Especial de Grado(Asunción & Carruyo, 2011) y la función getsUART de la librería UART.h,

III.3.2.1 Configuración Módulo UART en el Microcontrolador

Con la finalidad de establecer la comunicación serial asíncrona es necesario habilitar la modalidad de transmisión en el módulo UART del microcontrolador. Dicha modalidad tiene definido tres factores: la cantidad de bits de datos, la paridad y la cantidad de bits de parada, para efectos de este proyecto es necesario configurar la aplicación por defecto del dispositivo Lantronix MatchPort la cual es denominada 8N1 (8 bits de datos, sin paridad y un bit de parada). Esta configuración se lleva a cabo en los bit de control llamados PDSEL (bits 1 y 2) del registro U2MODE son los encargados de establecer la cantidad de bits de datos y paridad. Es necesario la configuración del bit encargado de establecer la cantidad de bits de parada (bit 0) denominado STSEL del registro U2MODE, para que solo posea un solo bit de parada y así poder ser compatible con la tasa de transmisión la cual recibe los datos el dispositivo MatchPort

De la misma manera en que se realiza la configuración para establecer la tasa de baudios con la que se realizará la transmisión entre el microcontrolador y la tarjeta *Sparkfun USB Weather Board* se debe realizar la configuración para esta transmisión, con la diferencia que en este caso se debe configurar el registro U2BRG. De igual forma se deben activar el módulo UART mediante la habilitación del bit 15 del registro U2MODE llamado UARTEN, posteriormente se debe permitir habilitar el bit UTXEN que permite la transmisión de los datos (bit 10), este bit pertenece al registro U2STA.

En la librería UART.h existe una función llamada putsUART, para la transmisión de la trama se emplea una función parecida a la antes mencionada que es denominada sendUART. Dicha función está encargada de recibir el *string*, de recorrerlo e ir colocando cada byte de datos en el registro de transmisión llamado U2TXREG. Este proceso funciona como una estructura FIFO de cuatro posiciones, lo que requiere la configuración de un bit que permita saber cuándo la cola está imposibilitada para cargar nuevos valores, dicho bit es llamado UTXBF (bit 9) del registro U2STA.

Todos los datos que se obtienen de los sensores son recopilados mediante una rutina con la que se logra constituir la trama concatenando los datos en una misma variable con la utilización de la función STRCAT de la librería String.h. Dicha trama tiene el siguiente formato:

%ID%GPS%Velocidad%Dirección%Lluvia%Temperatura%Humedad%Presión%

Se puede apreciar que dicha trama consta de ocho campos los cuales se encuentran separados por el carácter "%" el cual se incluye para el manejo mas adecuado de la trama. A continuación se presenta una descripción de la trama.

- En el primer campo tiene un rango de valores entre 0 y 63 el cual es controlado por hardware utilizando un DIP switch de 6 posiciones conectado al puerto E del DsPic.
- El segundo campo presenta la ubicación geográfica de la estación.
- En el tercer campo se obtienen las revoluciones por segundo que se reciben del anemómetro.
- El cuarto presenta la codificación de la dirección del viento.
- En el quinto campo se presenta el valor del contador que registra cuantos milímetros de lluvia han caído.
- El sexto campo se obtiene la medición de temperatura en grados Fahrenheit.

- En el séptimo se recibe la humedad la cual representa la cantidad de agua en el ambiente en una escala porcentual
- En el octavo campo se recibe la medición de presión atmosférica en Pascal (Pa) que es una unidad de medida equivalente.

III.3.2.2 Configuraciónes para establecer una comunicación *Wi-Fi* MatchPort - PC

Para la realización de la configuración del MatchPort fue necesario descargar el software *Device Installer* el cual se puede encuentra gratuitamente en el portal web del fabricante. Para efectos de este punto se explicará la configuración de uno solo de los MatchPort.

Posteriormente se procede a encender el MatchPort, ya sea colocándolo en la tarjeta control que describe este proyecto posteriormente, o en la tarjeta demostración suministrada por el fabricante la cual se encuentra en el campus de la Universidad.

Por configuración de fábrica el dispositivo, está configurado para que tome un IP automática por DHCP, al abrir el software este detecta automáticamente los dispositivos que se encuentren conectados a esa red. En la Figura 15 se muestra la ventana principal del programa con la auto detección del dispositivo.

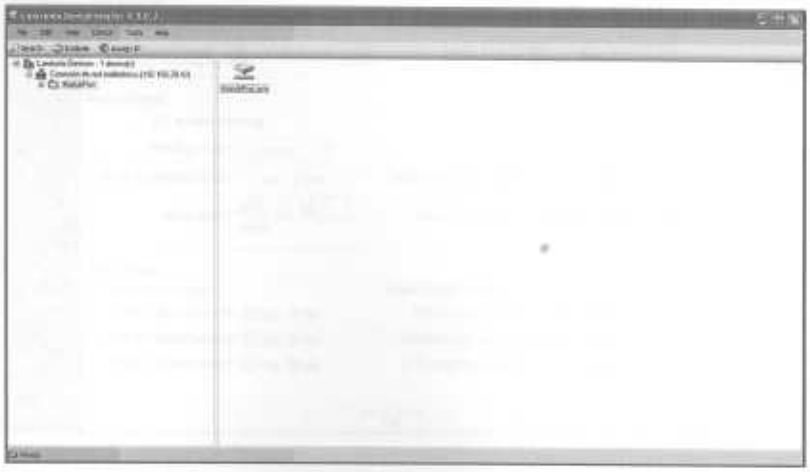


Figura 15: Página Principal *Device Installer*

A continuación se procede a abrir el dispositivo, este muestra la configuración actual del mismo, mostrando nombre del dispositivo, IP actual, dirección física del mismo entre otros. En la Figura 16 se muestra la ventana resumen de la configuración del dispositivo.

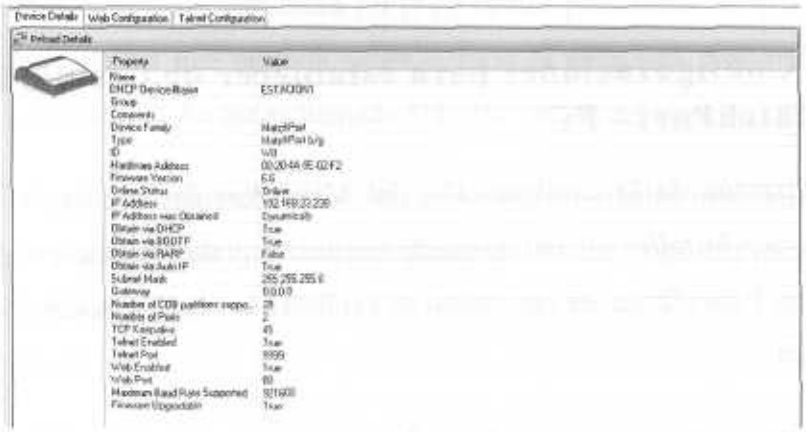


Figura 16: Ventana Resumen

Posteriormente se procede a acceder la pestaña *Web Configuration* en la cual se accede a la configuración del mismo. Ahí se procede a entrar en *link network* el cual se coloca el nombre que recibirá el dispositivo, y se configura que el mismo solo trabaje de manera inalámbrica. Se mantuvo la configuración que obtuviera el IP por DHCP, sin embargo fue necesario configurar en nuestro servidor de DHCP que le otorgara la misma dirección IP siempre, esto se logró registrando la dirección física en nuestro servidor DHCP. En la Figura 17 se muestra el procedimiento descrito anteriormente.

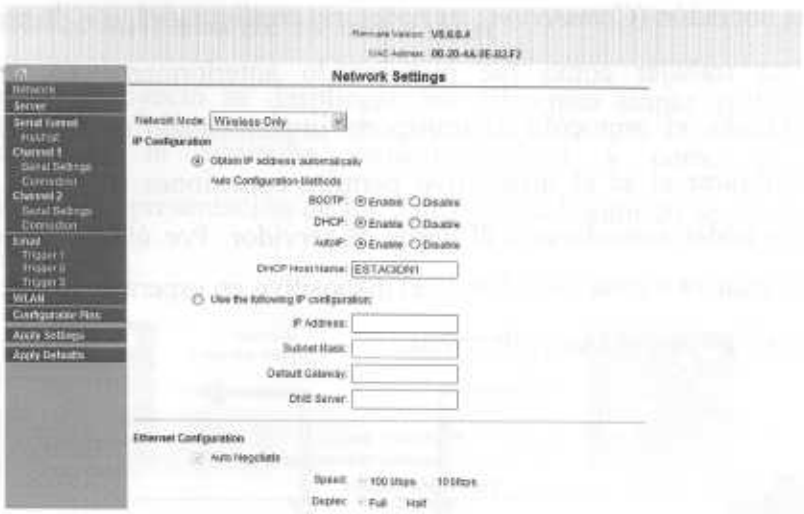


Figura 17: Ventana *Network*

Se procede a entrar en la ventana de configuración serial (*Serial Settings*), y en ella se configuran los parámetros necesarios para que el MatchPort pueda comunicarse con el dispositivo DsPic, para ello se configuró que era bajo el protocolo serial RS232 a 9600 baudios 8N1. La Figura 18 detalla dicha configuración en la ventana *Serial Settings.*

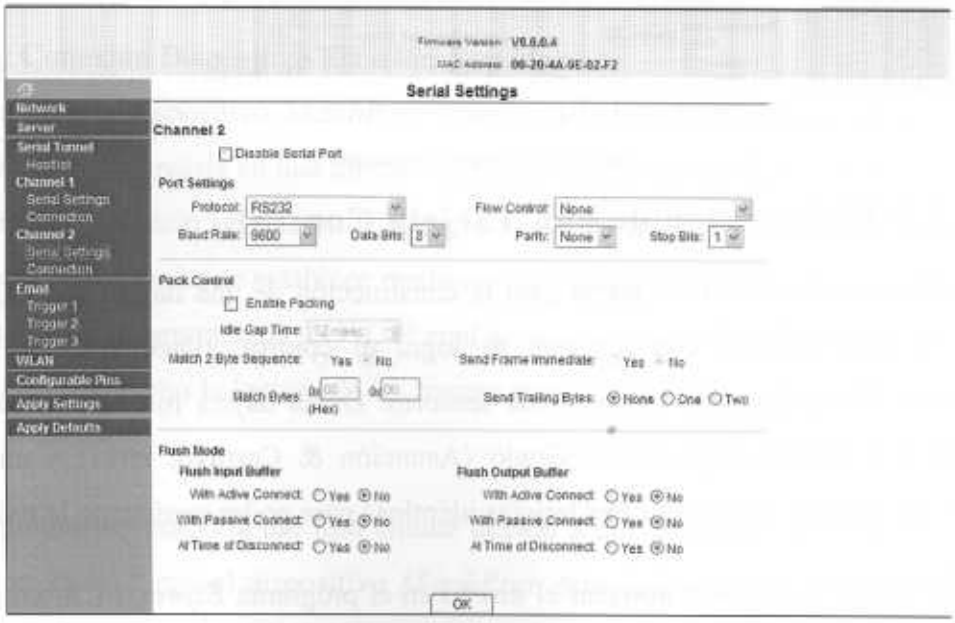


Figura 18: Ventana *Serial Settings*

En la ventana conexión (*Connection*), es necesario configurar el tipo de protocolo con el cual se va trabajar como fue mencionado anteriormente en este Trabajo Especial de Grado, el protocolo de transporte implementado es TCP. También es necesario configurar si se el dispositivo permite conexiones entrantes, lo cual es necesario para poder conectarse a él desde el servidor. Por último se configura el puerto TCP el cual va a estar escuchando el dispositivo en espera de una conexión. La muestra las configuraciones antes descritas.

Figura 19: Ventana *Connection*

III.3.2.3 Elaboración de una Tarjeta Control

En esta fase se describen los pasos para la construcción de una tarjeta que engloba todos los componentes con los que se logra el control, funcionamiento y la transmisión de la data que entregan los sensores. Dicha tarjeta fue diseñada como solución del Trabajo Especial de Grado (Asunción & Carruyo, 2011) y en este proyecto es necesario construir tres tarjetas idénticas para poder conformar la red.

En el Apéndice E se puede apreciar el diseño en el programa *ExpressPCB,* utilizado para la elaboración de circuitos impresos así como los componentes necesarios para la misma.

III.4 Establecimiento de la conexión

En esta fase del proyecto se despliegan las diferentes etapas realizadas para el establecimiento de la conexión estación-servidor y como se realiza el almacenamiento y la presentación de los datos. En la Figura 20 se puede apreciar el diagrama de la fase.

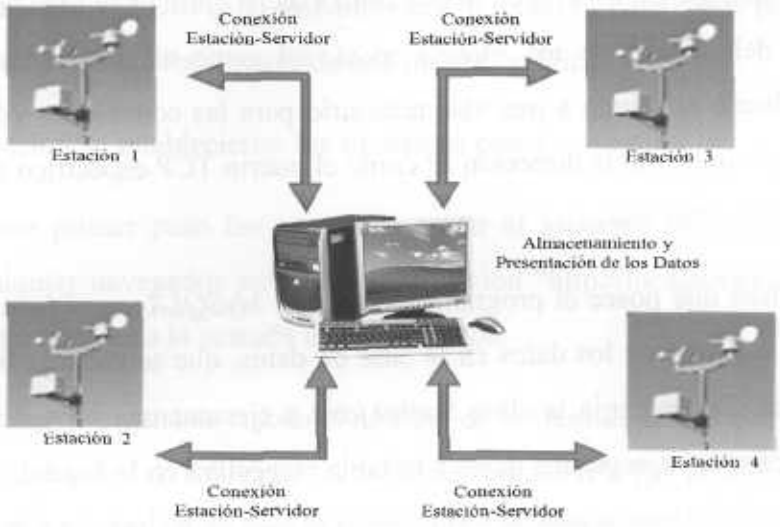


Figura 20: Diagrama de Establecimiento de la Conexión

III.4.1. Conexión Dispositivo Estación-Servidor.

La conexión al dispositivo *MatchPort* se logra debido a la utilización de un *Socket TCP/IP*, el cual consiste en una dirección *IP* y un puerto específico de TCP. Para cada estación se estableció un puerto *TCP* específico para así diferenciar cada una de las mismas. Dicho *Socket* se establece mediante un programa tipo "cliente" realizado en el lenguaje de programación *JAVA*, el cual se encarga de realizar la conexión con el *MatchPort*, así como la lectura de las tramas para su posterior escritura en la base de datos.

El programa se comporta del tipo cliente debido a que es el encargado de iniciar la conexión *TCP/IP* con el dispositivo *MatchPort*, este último se encarga de enviar las tramas en el momento que se establece la conexión.

El funcionamiento del programa se encuentra basado en tres clases, la primera de ella la socket.java, la cual es la encargada de realizar la conexión, e interpretar las tramas entrantes, dicha clase basa su trabajo en dos librerías principales la primera de ellas, la *java.io* la cual se encarga de interpretar y manipular todas las cadenas de datos que llegan o salen por cada uno de los puertos con los que se establezca conexión.

Por otra parte la segunda librería en la que utiliza dicha clase es la *java.net* la cual es la encargada del manejo de los *sockets* en sí, así como el establecimiento de la conexión mediante el saludo a tres vías necesario para las conexiones *TCP/IP*, para ello es necesario indicarle la dirección IP como el puerto TCP específico de cada una de las conexiones a realizar.

La Segunda clase que posee el programa es la clase *MySQLAccess1.java*, la cual se encarga de la escritura de los datos en la base de datos, que se encarga básicamente tomar los datos que le arroja la clase *Socket.java* y ejecutar una secuencia *SQL* del tipo *INSERT* para así agregar los datos a la tabla respectiva en la base de datos, más adelante se describirá paso a paso la forma como se crea dicha base de datos.

El programa se encuentra diseñado para manejar simultáneamente los cuatros (4) *sockets*, esto se logra con el uso de múltiples hilos, donde se toma cada sockets como un hilo independiente, y en el momento que recibe la trama dicho hilo se duerme y le da paso a otro de los hilos (otra de las estaciones). Todo este procedimiento se desarrolla en la tercera clase denominada PruebaSQLMultihilos.java.

En caso que la conexión de alguna de las estaciones falle el programa se encuentra diseñado para intentar la reconexión inmediata, y de esta manera intentar perder la cantidad mínima de tramas de datos.El código completo puede ser apreciado en el Apéndice B de este Trabajo Especial de Grado.

III.4.2. Almacenamiento y Presentación de los Datos.

Para el Almacenamiento y Presentación de los datos fue necesario instalar una herramienta de software libre llamada *Wamp Server*, la cual permite: bajo ambiente

de trabajo *Windows,* poseer un compilador PHP, un generador de bases de datos (*MySQL*), y un servidor Web (*Apache*). Dicha herramienta permite la creación de páginas web; creación y gestión de base datos; así como el acceso a las páginas web creadas desde otras instancias de la red.

III.4.2.1. Creación de la Base de Datos principal.

El asistente *phpmyadmin,* es el que nos permite crear la base datos principal de una manera práctica y sencilla a través de una interfaz gráfica.

Para su creación se establecieron los siguientes pasos:

- Como primer paso fue necesario entrar al asistente *phpyadmin* a través de cualquier navegador web bajo la dirección "http://localhost/phpmyadmin", y luego acceder a la pestaña Bases de Datos.

- En dicha ventana se coloca el nombre de la Base de Datos que se desea crear, el cual decidió colocarse el nombre "estación". En la **Error! Reference source not found.** se muestra dicho procedimiento.

Figura 21: Creación Base de Datos Principal

- Posteriormente el asistente te lleva a la página principal de la base de datos creada, y se procede a crear una nueva tabla llamada "Datos" la cual poseerá

todas las mediciones de las cuatro estaciones, la cual posee diez campos requerimiento que pide el asistente para la creación de la tabla. En la Figura 22: Creación Tabla se puede observar el paso descrito anteriormente.

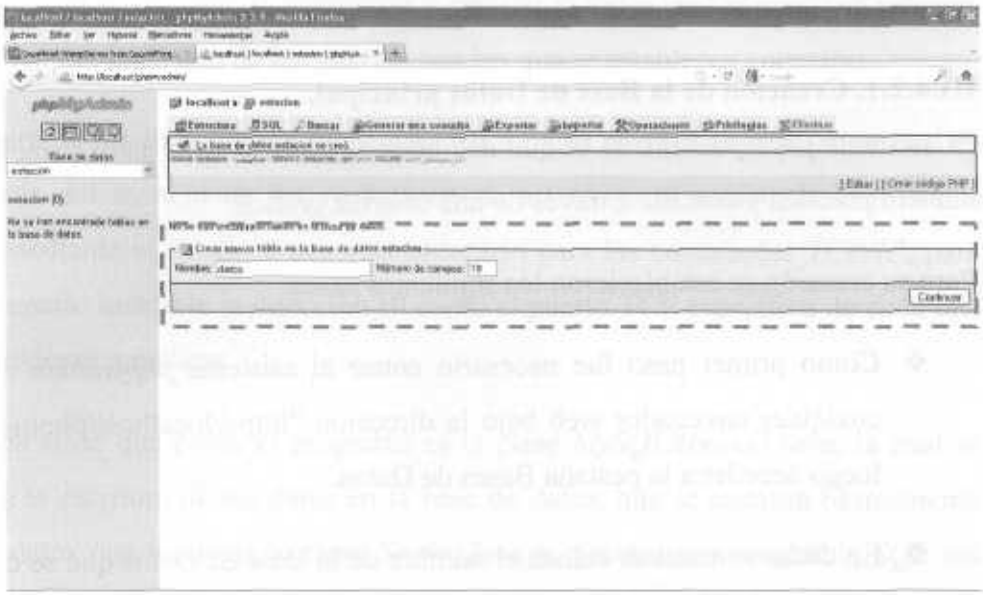


Figura 22: Creación Tabla

- Se determinaron cuales eran los campos exactos que iba a contener dicha tabla, y que tipo de datos eran. Los campos creados en la tabla son los siguientes:

  - idDatos: Es la llave principal de la tabla es del tipo auto incremental, y es la que determina el número de registro de la medición.

  - idStation: Es del tipo entero y determina el número de estación de la cual viene la medición.

  - Fecha: Indica la fecha de la medición y es colocada en el momento que es escrita en la base de datos, no es parte de la trama enviada por la estación.

  - GPS, Velocidad, Dirección, Pluviosidad, Temperatura, Humedad, Presión: Es cada uno de los valores registrados por la estación.

En la Figura 23 se ilustra la creación de dichos parámetros en la tabla "Datos" de la base de datos principal.

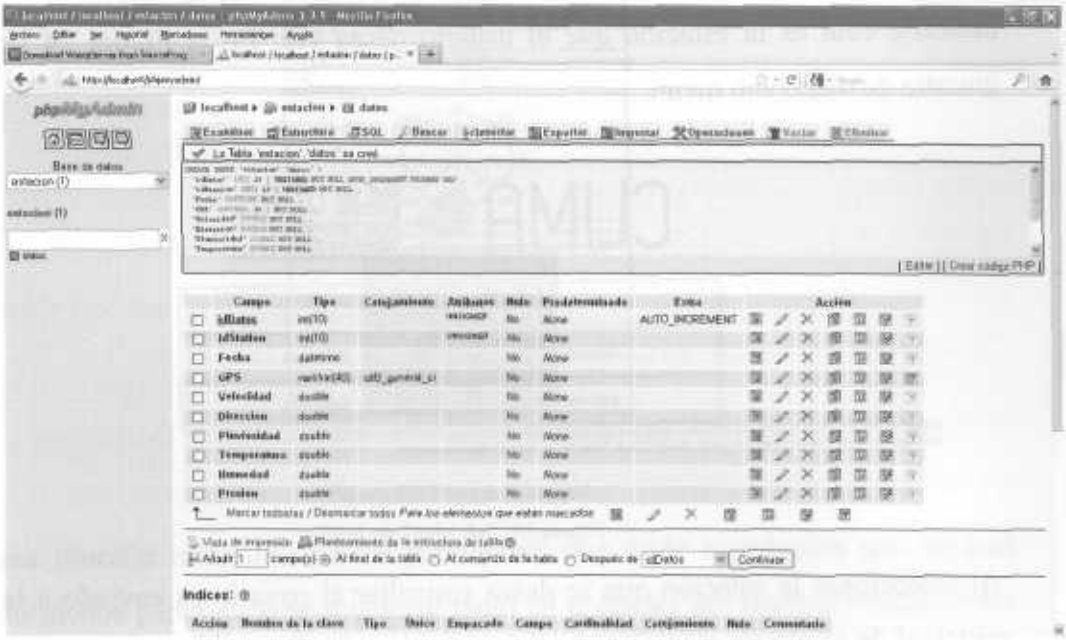


Figura 23: Creación Campos Tabla Datos

- Por último, en el asistente se configuran los permisos de los usuarios para acceder a la base de datos creada recientemente, y así poder realizar tanto las inserciones como las consultas desde otras instancias del proyecto.

III.4.2.2. Creación Página Web

Para la presentación de los datos fue necesaria la creación de una página Web, la cual fue elaborada en el lenguaje de programación *PHP*, la cual se encuentra alojada en un servidor web (Apache) que como se mencionó anteriormente se encuentra en el paquete *Wamp Server*, dicho servidor web tiene como función tomar el código creado en php, y mostrárselo al usuario final en formato HTML y así poder apreciarlo en cualquier navegador web.

Para poder conectarse con la base de datos mencionada y explicada anteriormente fue necesario programar una clase "bdmysql.php" la cual es la encargada de gestionar la conexión, así como realizar las consultas a la misma.

Como paso posterior se creó el sub menú llamado "subinicio.php" que nos permite seleccionar cual de las estaciones deseamos visualizar su última medición, dicho sub menú es el encargado de hacer el paso de variables a la página principal para así indicarle cual es la estación que el usuario desea ver. En la Figura 24 se da una muestra de dicho sub menú.

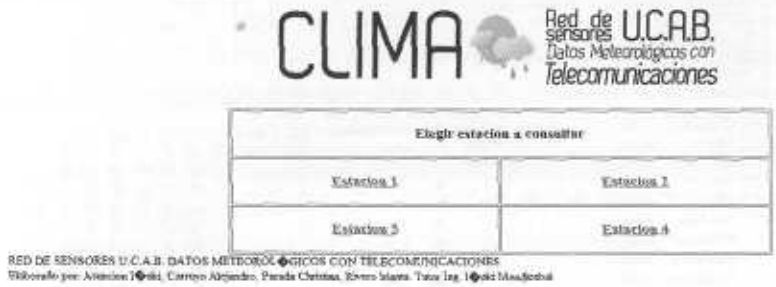


Figura 24: Sub Menú de Inicio

Al seleccionar la estación que se desea consultar el usuario es enviado a la página principal de la última medición de dicha estación. El diseño de dicha página yace en "inicio.php" la cual revisa en la base de datos la última medición de dicha estación a través de una consulta SQL del tipo *SELECT* como la que se muestra a continuación:

SELECT max (idDatos) FROM estación.datos WHERE datos.idStation LIKE idEstación.

Dicha sentencia SQL busca en la tabla datos el mayor valor de idDatos, donde el ID de la estación sea igual a la que el usuario seleccionó ver. Toma el mayor de los ID de los Datos, debido a que eso significa que es el último que ingreso a la tabla ya que está esta ordenada cronológicamente. En la Figura 25 se puede observar un ejemplo de la página principal para así facilitar la explicación de cada uno de los elementos que esta posee.

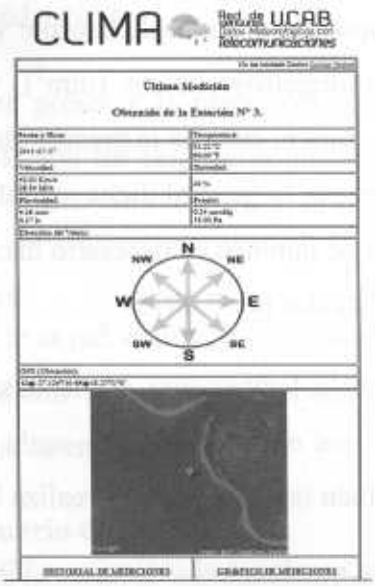


Figura 25: Página Principal

La página muestra cada uno de los parámetros que mide la estación que se está revisando dichos parámetros se muestran tanto en unidades del sistema internacional como del sistema inglés (para ello fue necesario la creación de un código que hiciera las conversiones automáticas, dicho código se explica más adelante). La ubicación de la estación en el pequeño mapa es lograda gracias a una llamada a la aplicación *google maps,* la cual toma la ubicación que envía el GPS de la estación y la ubica en el mapa con una pequeña viñeta con el número de la estación que se está ubicando.

Para poder mostrar las mediciones en los dos sistemas fue necesario la creación de una clase llamada "medidas.php", ya que los datos son almacenados tal como son enviados por la estación, algunos de ellos se encuentran en sistema internacional otros en sistema inglés dependiendo del origen de los sensores. En el caso de la velocidad del viento se toma el valor que se almacena en la base de datos y es multiplicado por el valor dado por el fabricante 2,4 para mostrarlo en Km/h y 1,6 para ser mostrado en Mi/h. En el caso de la dirección del viento, en la base de datos se encuentra un número el cual está codificado de tal manera que al ser comparado con una tabla de caída de voltaje se obtiene la dirección del viento real. Para la medida de cantidad de lluvia en la bases de datos se encuentra el valor de las veces que el circuito fue

cerrado en el pluviómetro, que al ser multiplicado por la capacidad del contenedor (0,2794) es convertido en milímetros cúbicos (mm^3), y al multiplicarlo 0,011 es convertido en pulgadas (in); para el caso de la presión atmosférica, el sensor envia la información en Pascales, pero por lo general dicha medida es mostrada en milímetros de mercurio (mmHg) por lo que también es necesario hacer la conversión de Pascales a mmHg multiplicando los Pascales por 0,0075.

De igual manera sucede con la temperatura, en la base de datos se encuentra en grados Fahrenheit, mientras que en Venezuela se suele tomar este valor en grados Centígrados por lo cual también la clase medidas realiza la conversión de la misma.

La página principal también permite acceder al historial de mediciones, pero para ello es necesario encontrarse registrado en el portal web, dichos usuarios solo pueden ser agregados o eliminados por el administrador del portal. Los usuarios son guardados en otra tabla de la base de datos llamada "usuarios", que es con la cual el portal web compara los ingresos.

Por último el portal web permite graficar uno de los parámetros medidos en el tiempo para así poder comparar el comportamiento de dicho parámetro en un intervalo de tiempo. El portal le permite elegir al usuario entre dos tipos de gráficos a realizar, de líneas, o de barras. Estos gráficos son logrados gracias a la librería "*libchar*", la cual toma los valores del parámetro elegido por el usuario en la base de datos, y devuelve la imagen, la cual es insertada en la página web. Cada una de las rutinas descritas en este punto pueden ser apreciadas en el Apéndice D. El servidor Apache permite la apertura de la página web en cualquier instancia de la red en la cual esté conectado. Para acceder a la página web es tan sencillo como colocar en la barra de navegación del navegador *web* el *IP* donde se encuentra colocado el servidor Apache, barra climaucab, tal como muestra la Figura 26.

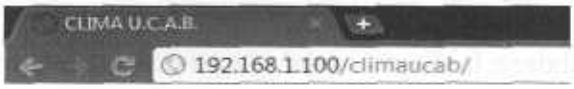


Figura 26: Ejemplo Acceso Página Web

III.5 Pruebas de la Solución

En esta fase del proyecto se presenta la manera de comprobar si la solución del proyecto es adecuada, cumple con las exigencias planteadas inicialmente y funciona correctamente.

III.5.1. Simulación de la Red

Para evaluar el rendimiento de la red se utilizó el *software* OPNET. En todo proyecto que se desea realizar en dicho software es necesario definir un escenario, las aplicaciones y los perfiles que se emplearán.

III.5.1.1. Creación del escenario de la red

A continuación en la Figura 27 se presenta la topología general de la red, en la que se puede observar la presencia de cuatro (4) subredes que representan la ubicación de cada una de las estaciones exceptuando la ubicación 1 en la que además de encontrarse el terminal se tiene la presencia del servidor como puede apreciarse en la Figura 28.

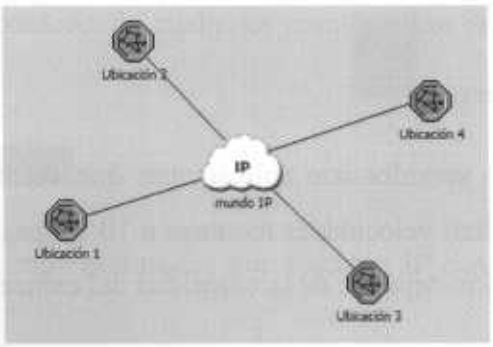


Figura 27: Topología General de la Red

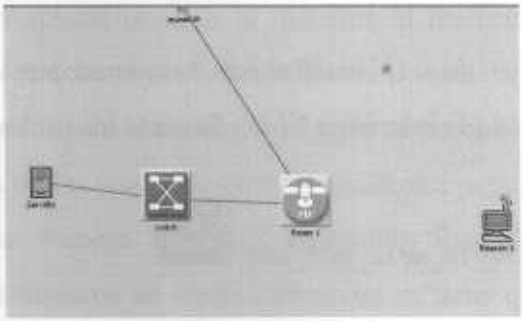


Figura 28 Ubicación 1

Los modelos de nodos o equipos empleados en la simulación son:

- *Subnet*

Permite dividir la red primaria en una serie de subredes, de tal forma que cada una de ellas funcionan, a nivel de envío y recepción de paquetes, como una red individual, aunque todas pertenezcan a la misma red principal.

- IP32_cloud_adv

Representa la nube IP, soporta interfaces de línea a través de las cuales se puede modelar un tráfico IP. En función de una dirección IP destino los paquetes que llegan a la nube son transportados según la interfaz que les corresponda. Soporta treinta y dos (32) conexiones IP en serie en una línea de datos a velocidades seleccionables.

- ETHERNET _server

Representa un nodo servidor con aplicaciones que corren sobre *TCP/IP*. Tiene interfaces que permiten velocidades menores a 10 Mbps, 100 Mbps y 1 Gbps La velocidad de operación depende de la velocidad del enlace conectado.

- WLAN_ ETHERNET _slip4_router

Representa un *router* de *LAN* inalámbrica basado en por lo menos un (1) puerto *ETHERNET* y cuatro (4) interfaces *SLIP*. Soporta los protocolos IP e IEEE802.11

- BN_Accelar1050_1s_ae12_ge1_adv

Este *switch* soporta hasta 13 interfaces *ETHERNET*, lo cual es suficiente para la cantidad de usuarios que existe en la subred. Soporta el protocolo *ETHERNET*

- WLAN_wkstn_adv

Se seleccionó este equipo porque representa una estación de trabajo con el cliente-servidor que soporta aplicaciones que se ejecutan a través de los protocolos TCP/IP y UDP/IP. Esta estación de trabajo es compatible con una conexión WLAN a 1Mbps, 2Mbps, 5,5 Mbps y 11 Mbps. Presenta atributos de cliente para bases de datos, FTP, correo, acceso remoto, video conferencia, las cuales permiten la generación de tráfico en el nodo. A cada uno de estos terminales finales se les configuró un perfil y adicionalmente se configuró la preferencia de destino, la cual en todos los casos es únicamente el servidor. Esto es porque los usuarios de esta red tienen únicamente comunicación hacia el servidor y no entre terminales.

- 100BaseT duplex link

Representa un enlace *duplex* para una conexión *ETHERNET* que funciona a 100 Mbps. Permite la conexión de cualquier combinación de nodos excepto Hub a Hub.

- PPP_DS3

Permite la conexión entre dos nodos que ejecutan IP con un data rate de 44.736 Mbps.

III.5.1.2. Definición de las Aplicaciones a utilizar

Es necesario definir las aplicaciones de la red para la realización de la simulación, cada perfil del usuario se construye definiendo una o varias aplicaciones, en las que se especifican los parámetros de la misma, en donde se pueden definir cada una de las tareas que se realizarán de las cuales se derivan múltiples peticiones y respuestas. En el diseño de la red se maneja una sola aplicación llamada "DATOS". Para la configuración de los parámetros de dicha aplicación se tiene que: se establece como base de datos (*Database*) con una baja carga de datos (*Low Load DataServer*).

III.5.1.3. Configuración de los Perfiles a emplear

En la red existe solo un tipo de perfil, el cual fue llamado "Perfil_DATOS". Para la configuración se requiere establecer los permisos en cuanto a las aplicaciones que tendrá dicho perfil, por lo que se configuran los siguientes aspectos:

- El servidor se establece como el nodo capaz de soportar el servicio de base de datos.
- Las estaciones se establecen como los nodos capaces de soportar el perfil establecido y se denomina como la dirección de preferencia al servidor de datos.

III.5.1.4. Configuración de los parámetros de la *Wireless* LAN

Dependiendo del nodo el cual se configure se deben habilitar o no algunas de las funciones disponibles de la LAN, por ejemplo:

- En el *router* se debe habilitar la función de punto de acceso y establecer como característica física el estándar bajo el cual se va a trabajar (802.11b o 802.11g) con el *data rate* de 11 Mbps y 54 Mbps.
- En las estaciones debe deshabilitarse la función de punto de acceso y configurar el tipo de estándar con el cual se quiere trabajar.

Capítulo IV
Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos con respecto a cada uno de los objetivos planteados para la realización del presente trabajo.

IV.1 Resultados del Objetivo 1: Investigación

IV.1.1 Investigación Teórica

Esta fase da como resultado todos los conceptos básicos necesarios para la realización de este Trabajo de Grado los cuales se pueden evidenciar en el Capítulo II de este libro.

IV.1.2 Definición de la Estación a con la que se va a Trabajar

Se realizó un estudio teórico de cuáles deben ser las variables a monitorear en una estación meteorológica, posteriormente a través de una tabla comparativa se obtienen los distintos costos de las diferentes marcas y modelos de estaciones incluyendo una opción de fabricación propia. Dicha comparación se puede apreciar en la Tabla 8.

	Opcion1	Opcion2	Opcion3	Opcion4	Opcion5
Marca	Tycon Power System	Davis Instruments	Davis Instruments	Rainwise	Fabricación Propia
Modelo	TP 1080 WC	6162-C WIFI VantagePro2	6153-C WiFi VantagePro2	Rainwise MK-III	
Pluviómetro	si	Si	si	si	Si
Veleta	si	Si	si	si	Si
Anemómetro	si	Si	si	si	Si
Temperatura Exterior	si	Si	si	si	Si
Presión Atmosférica	si	Si	si	si	Si
Humedad	si	Si	si	si	Si
Cantidad de Luz	no	no	si	si	Si
WiFi	no	Si	si	no	Si
Precio por estación	**$ 159,99**	**$ 1.284,00**	**$ 1.137,85**	**$ 963,95**	**$ 280,69**

Tabla 8: Análisis de precios de las estaciones meteorológicas

Ambas estaciones pertenecientes a la marca Davis Instruments, poseen aproximadamente las mismas características técnicas en cuanto a los sensores utilizados, la única diferencia yace en que la 6162-C posee *Wi-Fi* incorporado a diferencia de la 6153-C que solo posee *Wi-Fi* si se le instala un módulo adicional también vendido por la empresa. El alto precio de dichas estaciones se debe a que se encuentran conectadas a la red de estaciones meteorológicas de la empresa.

La estación Rainwise MK-III posee aproximadamente las mismas especificaciones técnicas salvo que esta no posee conexión *Wi-Fi*, ni brinda la opción de colocarle ningún tipo de módulo adicional para dicha labor. La fabricación propia de la estación permite colocar todos los sensores necesarios para estudiar las variables deseadas, desde el punto de vista económico no es la menos costosa, pero esta opción presenta la ventaja de diseño propio, el cual permite reproducirlo fácilmente.

Basados en los estudios anteriores se obtiene como resultado que la estación a emplear es la de fabricación(Asunción & Carruyo, 2011). Dicha solución requiere de algunos cambios para establecer una red de estaciones que garantice una transmisión y el envío adecuado de los datos. Las mejoras realizadas son:

- Incorporar un panel solar para recargar las baterías y de esta manera crear autonomía de la estación.
- En cuanto al envío de los datos al servidor para garantizar la seguridad de los mismos, se implementará una red de traducción de dirección (*Network Address Translation* (*NAT*)).

IV.2 Resultados del Objetivo 2: Estándar de Comunicación para la Transmisión

Resaltando las características de las tecnologías que pueden aportar una transmisión inalámbrica de bajo costo según los estudios realizados en el presente trabajo, se tiene que:

- La tecnología *Wi-Fi* para sus estándares 802.11b y 802.11g cuenta con velocidades de transmisión teóricas de 11 Mbps y 54 Mbps, ambos trabajan en la banda de frecuencia libre de 2.4 GHz. La cobertura en un enlace ideal es de 100 metros (entre el dispositivo y el punto de acceso).

- La tecnología GPRS brinda una velocidad de transmisión teórica de 56 a 144 Kbps, la banda de frecuencia donde trabaja y la cobertura dependerán del despliegue que posea el proveedor de servicios de telefonía móvil celular.

Puesto que el trabajar con la tecnología GPRS implica la compra de una línea telefónica, y correr con los gastos que involucra obtener los servicios por parte del operador de telefonía móvil, se decide trabajar con el estándar 802.11. Esta tecnología disminuye notablemente los costos del proyecto, ya que es mucho más fácil contar con la disponibilidad de una red *Wi-Fi*, además que la estación meteorológica ejemplo para este proyecto, trabaja con este tipo de transmisión mediante el dispositivo MatchPort, el cual está disponible en la Universidad Católica Andrés Bello. Según el portal web de la empresa fabricadora Lantronix, es capaz de manejar los estándares 802.11b y el 802.11g, en la banda de frecuencia de 2,412 a 2,484 GHz, la máxima potencia de salida es de 14 dbm y una sensibilidad de -91 dbm a 1 Mbps. La tasa de bits de datos posee una modulación adaptativa que brinda velocidades entre 1 Mbps y 54 Mbps dependiendo de la calidad de la señal.

Se utilizó protocolo a TCP debido a que es un protocolo orientado a conexión, lo que garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en el que se transmitieron, siendo esto fundamental en este proyecto ya que se necesita que la data llegue al servidor sin errores y si se pierde una trama sea retransmitida automáticamente.

En cuanto a la seguridad de la red se establece una comparación para determinar cuál es la implementación más adecuada tomando en cuenta todos los factores que involucra la red. La comparación se realizó entre una red virtual privada (*VPN*) y una red de traducción de dirección (*NAT*).

Como se especifica anteriormente en el Capítulo II la configuración de una red VPN requiere que los métodos de acceso se encuentren habilitados, en este proyecto el servidor se encuentra en la Universidad Católica Andrés Bello donde se dispone de una restricción de entrada a la red para deshabilitar todas aquellas conexiones externas, es por esta razón que esta opción es descartada para este proyecto y se implementa una transmisión por medio de un traducción de direcciones.

IV.3 Resultados del Objetivo 3: Simulación de la red

La simulación de la red se realiza con el fin de verificar el funcionamiento de la misma a través de la medición de sus parámetros, logrando un estudio en cuanto al rendimiento. El software que se emplea para esta fase es OPNET, que si bien no es de software libre, dispone de versiones de prueba con licencias temporales. A continuación se presenta la evaluación del rendimiento de la red mediante los gráficos arrojados en la simulación.

En la Figura 29 se muestra la carga a la cual se somete el servidor, se puede apreciar que es sumamente baja por lo que se demuestra el correcto funcionamiento del mismo. El servidor utilizado para la simulación es capaz de soportar hasta 10Mbps, como se puede observar esta se encuentra sobre dimensionada debido a que el software no permite una configuración menor.

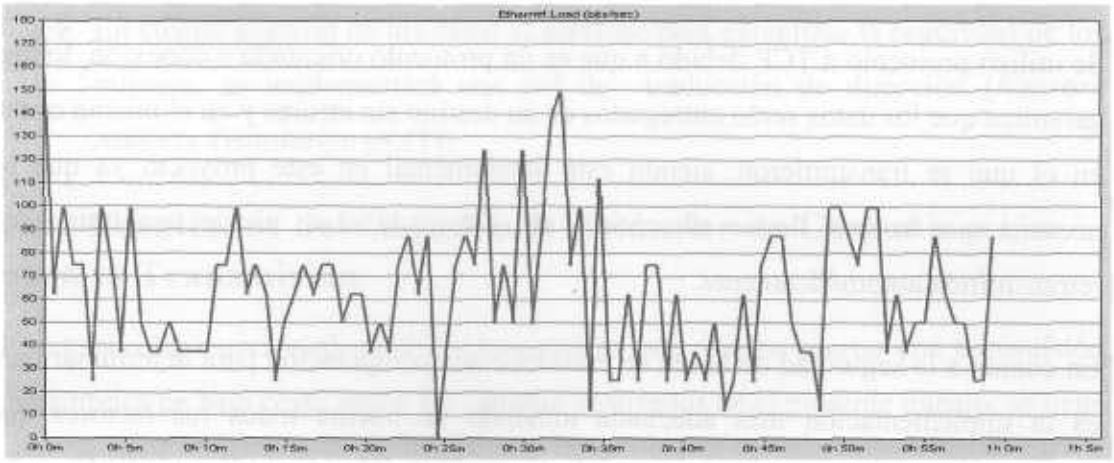


Figura 29: Carga a la que se somete el Servidor

Para el tráfico enviado desde cada una de las estaciones se tiene las siguientes figuras:

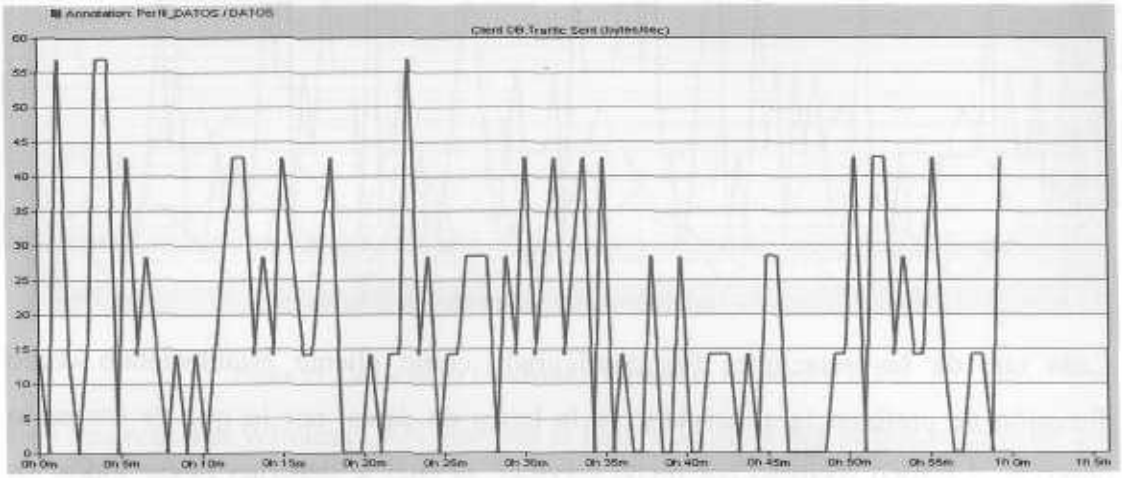


Figura 30: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 1

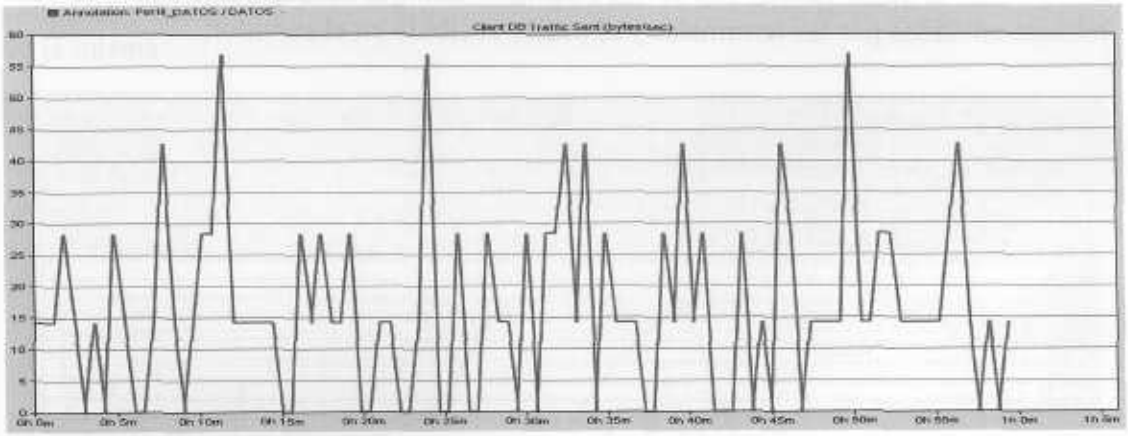


Figura 31: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 2

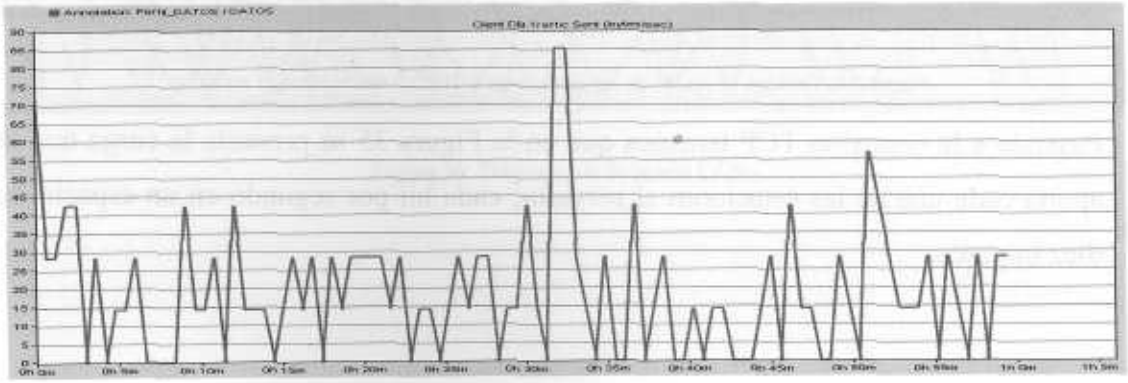


Figura 32: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 3

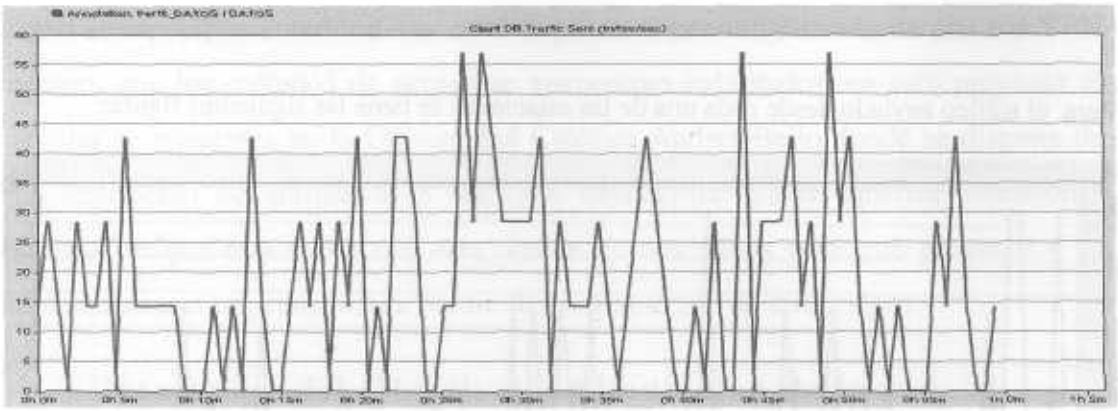


Figura 33: Tráfico Enviado Perteneciente a la Estación 4

Cada una de las estaciones fue configurada como cliente estableciendo como dirección de preferencia al servidor de la bases de datos, por lo que es necesario observar el tráfico recibido por dicho servidor, al cual le deberian llegar todos los paquetes enviados por cada uno de los terminales. En la Figura 34 se aprecian los tráficos enviados por los terminales y el tráfico recibido en el servidor.

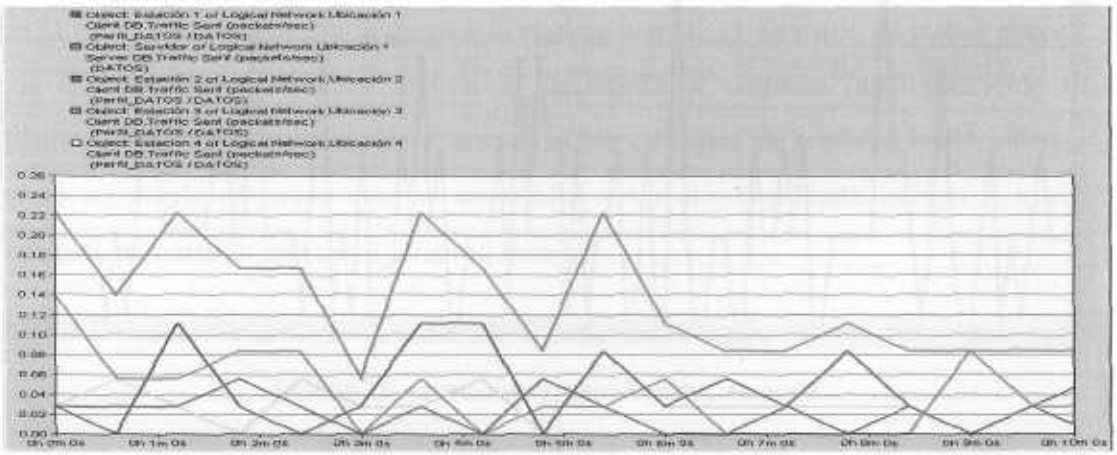


Figura 34: Tráficos enviados de las estaciones y Tráfico recibido en el servidor

Pasando a la conexión TCP tenemos que en la Figura 35 se presenta la carga que le aporta cada una de las estaciones al servidor, cada bit por segundo en un espacio de diez minutos.

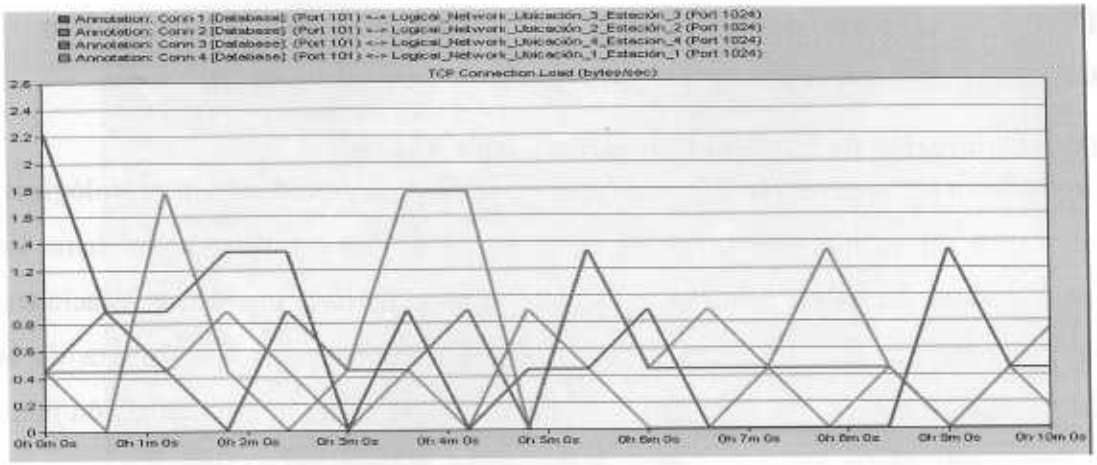


Figura 35: Cargas de las Estaciones al Servidor en la Conexión TCP

Con respecto a la Wireless LAN tenemos la Figura 36 en la que se puede apreciar que el tráfico no es lo suficientemente alto para que se cogestione, además que esta red se encuentra configurada para soportar 11Mbps , con lo que se demuestra el rendimiento de la misma.

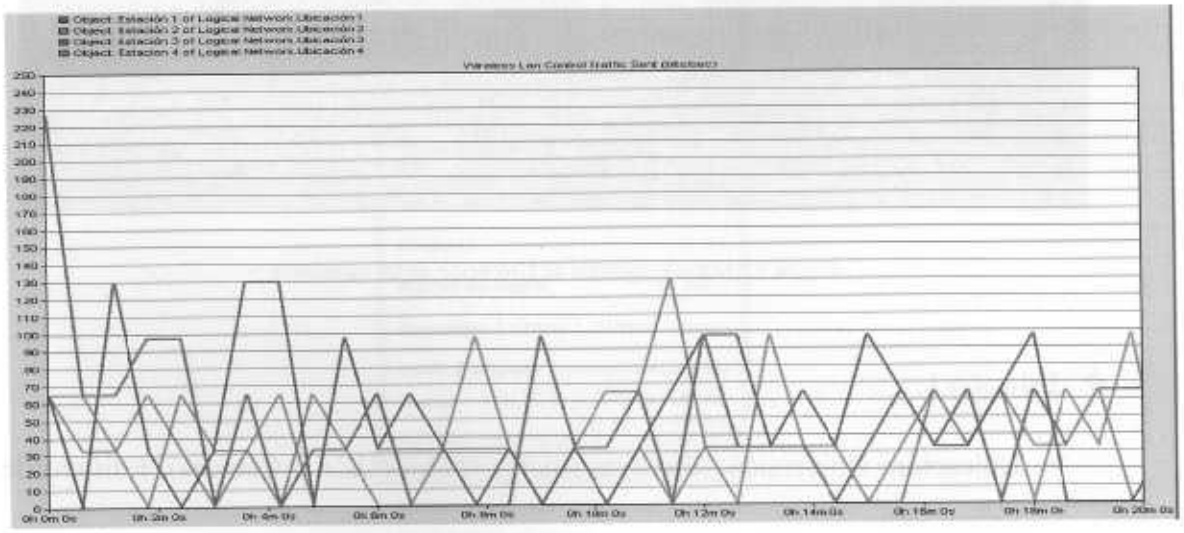


Figura 36: Tráfico en la Wireless LAN

IV.4 Resultados del Objetivo 4: Instalación e Interconexión de la Red

IV.1.1 Ubicación de cada estación perteneciente a la red

Se obtienen las zonas apropiadas para la colocación de las estaciones meteorológicas, se realizó un estudio con la ayuda de la Ing. De Viana experta en el tema de meteorología, arrojando como resultado la ubicación de cada una de las estaciones, así como la potencia *Wi-Fi* existente en el sitio, coordenadas GPS, altura de la edificación. La ubicación definitiva de cada estación se presenta a continuación junto con sus características:

Figura 37: Mapa geográfico de Ubicación de las estaciones

Fuente: *Google Earth*

- Estación 1:
  - Ubicación: Universidad Católica Andrés Bello. (UCAB-Caracas). Edificio de Laboratorio.
  - Coordenadas GPS: esta estación se encuentra a 10° 27.891'N de latitud y 66° 58.452'O de longitud. En la Figura 38 se puede apreciar una toma geográfica de dicha ubicación.

Figura 38: Mapa geográfico de la Estación 1

Fuente: *Google Earth*

- Altura de la Edificación: 8 metros.
- Potencia *Wi-Fi*: En la Figura 39 se muestra los niveles de potencia medidos en el lugar utilizando el software *Wi-Fi analyzer*.

Figura 39: Lectura de Nivel *Wi-Fi* Centro Loyola

Adicionalmente con el mismo software se realizó el estudio de los canales *Wi-Fi* que existen en el lugar, los cuales se pueden apreciar en la Figura 40.

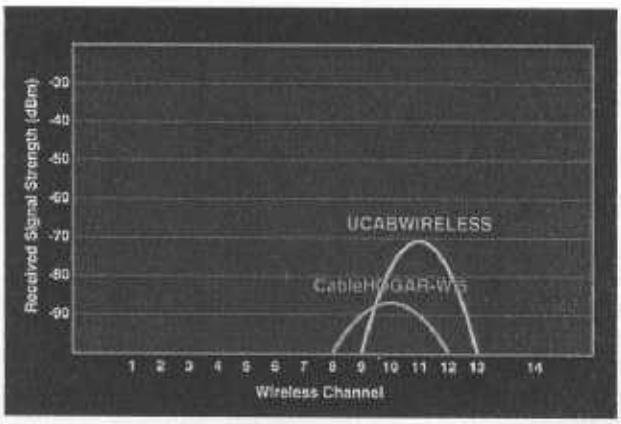


Figura 40: Grafica Canales *Wi-Fi* vs. Potencia Recibida

- Estación 2:

  - Ubicación: Instituto Técnico Jesús Obrero (Catia, Caracas-Venezuela).

  - Coordenadas GPS: esta estación se encuentra a 10° 30,58' N de latitud y 66° 52,9932' W de longitud. En la Figura 41 se muestra en el mapa la ubicación de dichas coordenadas.

Figura 41: Mapa geográfico de la Estación 2

Fuente: *Google Earth*

  - Altura de la Edificación: el edificio principal del instituto posee una altura de 23,01 metros, es allí donde se establecerá la estación.

- Potencia *Wi-Fi*: No posee red *Wi-Fi*, por lo que fue necesario la instalación de un Access Point y de esta manera brindarle una red de transmisión a la estación.

❖ Estación 3:

- Ubicación: Universidad Simón Bolívar. USB-Sartenejas.
- Coordenadas GPS: esta estación se encuentra a 10° 24.707'N de latitud y 66° 52.950'O de longitud. En la Figura 42 se puede apreciar una toma geográfica de dicha ubicación.

Figura 42: Mapa geográfico de la Estación 3

Fuente: *Google Earth*

- Altura de la Edificación: 9 metros.
- Potencia *Wi-Fi*: La red Wi-Fi de la Universidad no es la óptima para el proyecto por lo cual es preferible transmitir a través de la red cableada de la universidad.

- Estación 4:
  - Ubicación: Colegio San Ignacio de Loyola.(La Castellana, Caracas-Venezuela)
    - Coordenadas GPS: esta estación se encuentra a 10° 29.923'N de latitud y 66° 51.422'O de longitud. En la Figura 43 se puede apreciar una toma geográfica de dicha ubicación.

Figura 43: Mapa geográfico de la Estación 4

Fuente: *Google Earth*

    - Altura de la Edificación: 13 metros.
    - Potencia *Wi-Fi:* El colegio San Ignacio no posee una red Wi-Fi, lo que hace necesario la instalación de un *Access Point* para poder realizar la instalación de la estación.

Si bien estas son las locaciones ideales del proyecto, las pruebas fueron realizadas en locaciones distintas por facilidades al momento de realizar las mismas.

IV.4.2. Contratiempos para la construcción de la red

Una vez establecido el modelo de estación a utilizar para la red se procedió a comenzar la adquisición de todos los componentes que conforman la misma, ya que se conoce que es un procedimiento interno que requiere de tiempo extra. Este Trabajo Especial de Grado es parte de un proyecto LOCTI, por lo cual para solicitar una adquisición es necesario cumplir con serie de pasos internos de la Universidad. La solicitud de compra debe ser aprobada por la Escuela de Telecomunicaciones como primera instancia, luego es necesaria la autorización del Decano de la Facultad de Ingeniería, seguidamente por la Dirección General de Proyectos, posteriormente debe ser aprobada tanto por la Dirección de Finanzas como por el Vice rectorado Administrativo, para luego ir a la dirección de compras la cual es la encargada de la adquisición final de los equipos. Si alguna de estas instancias rechaza la orden de compra esta debe comenzar el proceso nuevamente. En el caso del presente proyecto la orden de compra se detuvo por un lapso de tiempo considerable (desde el mes de abril) en la Dirección General de Proyectos, la cual devolvió la orden de comprar para que se le realizaran cambios, estos fueron realizados y la orden realizó él proceso de nuevo, sin embargo volvió a estancarse en este departamento por razones externas al proyecto (mediados del mes de junio) y no fue informado en su debido momento el motivo por el cual no se procesó la orden.

Una vez solventado todos los problemas con la Dirección General de Proyectos, la orden procede a la Dirección de compras, la cual procede a la cotización de los equipos, dando prioridad a los proveedores nacionales recomendados, los cuales informan que para dicho momento no poseen disponibilidad de la mayoría de los equipos solicitados (sensores analógicos, tarjeta *Sparkfun*, GPS, panel solar, y los reguladores de voltajes).

Esto implico buscar dichos equipos en el mercado internacional, trayendo como consecuencia el pago de los mismos en moneda extranjera y un proceso de importación. Una vez seleccionados los proveedores internacionales, los cuales poseen los equipos, la Dirección de compras indica que la Universidad solo puede

cancelar en moneda local. Lo que conllevó a trabajar con un intermediario el cual fuera el encargado de comprar e importar los equipos y cobrar en moneda local.

En el momento que el intermediario procede a solicitar los equipos en los proveedores internacionales, el fabricante de la tarjeta *SparkFun USB Weather Board*, le indica que dicha tarjeta fue descontinuada recientemente.

Dicho intermediario cotiza los equipos en moneda local pero con un incremento de precio debido a que hace la conversión de moneda extranjera (dólares) a moneda local a la tasa del mercado paralelo. Este incremento de precio hizo que se excediera el monto autorizado por la Dirección General de Proyecto. Para poder reducir los costos hasta el monto autorizado fue necesario la disminución del pedido.

Luego de este largo proceso, el intermediario es autorizado para la compra de los equipos (Finales del mes de junio). Esto conllevó al inicio de un proceso de importación. Los equipos son esperados hasta el último día pero estos no llegan por motivos ajenos al proyecto.

En vista de esto fueron analizadas soluciones alternas, la primera de ellas fue solicitar a otro proyecto una Tarjeta *SparkFun* que poseían, dicha tarjeta junto con una de las tarjetas control serán integradas a la red, para así poseer al menos dos nodos en la misma.

Para el resto de los nodos se evaluó usar el sensor de marca *Crossbow* el cual mide temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, luminosidad. Para este sensor es necesaria la integración de un *Gateway* debido a que el mismo solo se conecta con dicho dispositivo. El *Gateway* retransmite vía serial las tramas enviadas por el sensor. Dicho *Gateway* presenta dos limitaciones a la hora de la integración en este proyecto, la primera de ella es la codificación de las tramas, debido a que envía tramas adicionales (paquete *hello*, y topología de la red) aparte de las necesarias con las medidas de los sensores.

Como segunda limitante que presenta este sensor es que el *Gateway* envía tramas a 55600 bps, lo que la hace incompatible con la tarjeta control presentada en este proyecto. Por lo que es necesario para su implantación, el diseño y la creación de una nueva tarjeta que por escasez de tiempo no puede ser realizada como parte de este Trabajo de Grado.

IV.4.3. Pruebas al código java.

Se realizaron pruebas al código de java para determinar si es capaz o no de manejar distintos *sockets*, estas se ejecutaron utilizando un código del tipo servidor (el cual se puede apreciar en el Apéndice B) de elaboración propia. Dichos *sockets* se establecieron tanto con servidores que se encontraban en el mismo segmento de red así como a direcciones IP fuera de las mismas. El servidor envía una trama idéntica a la que sería enviada por las estaciones reales.

De estas pruebas se extraen los siguientes resultados:

1. El código es capaz de conectarse con estaciones que se encuentran en la misma red, así como fuera de ella; siempre y cuando la red en la que se encuentran tanto los estaciones como la PC donde se encuentra corriendo el código permitan conexiones externas. En la Figura 44 se puede observar que se conecta con dichas estaciones.

```
run:
10.30.58N-6652.9932
Trama: □□ t /%0%10.30.58N-6652.9932%10%6%8%26.5%21.81%8385%0
escritura satisfactoria
estacion3
10.30.58N-6652.9932
Trama: □□ t /%1%10.30.58N-6652.9932%10%6%8%26.5%21.81%8385%0
escritura satisfactoria
estacion4
```

Figura 44: Manejo de Multihilos

2. El código es capaz de soportar varias conexiones, esto es posible ya que en la clase *sqlmultihilos* se crean tantos objetos de la clase *socket* como conexiones sean necesarios. La clase *socket* es la encargada de realizar la conexión y

decodificación de las tramas de llegada, luego de que la trama llega y se decodifica, este proceso se suspende y se le da paso a la siguiente conexión para recibir.

3. En los casos particulares en los que se tiene acceso a la configuración del *Access Point* al cual se conecta la estaciones, es necesario previamente hacer la configuración del seguimiento de puertos TCP del *Access Point* de tal manera que todo paquete TCP con un puerto específico que venga de una conexión externa a donde se encuentra la estación, sea redirigido a la dirección IP de la estación. En la Figura 45 se muestra el resultado de la configuración de uno de los Access Point.

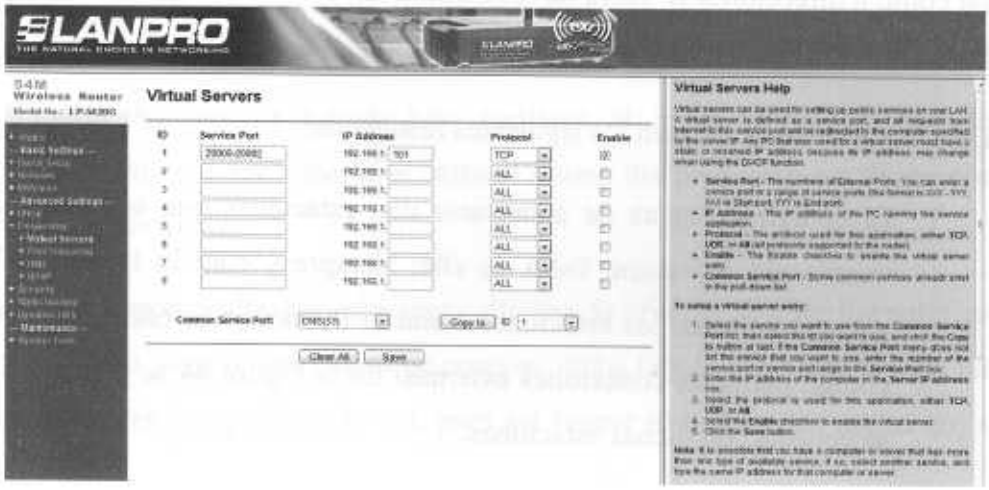


Figura 45 : Resultado Configuración Access Point

Dicha configuración muestra que todo paquete TCP que llegue entre los puertos 20000 al 20002 serán redirigidos a la dirección IP 192.168.1.101 la cual es la dirección IP de la estación dentro de esta red.

4. En el caso particular de la estación que se encuentra en la Universidad Católica Andrés Bello no se puede acceder desde un punto externo a la red *WiFi* de la Universidad, ya que esta posee restricciones de entrada a la red. Por lo que para poder conectarse con dicha estación, la PC que corre el código debe encontrarse dentro de la red de la Universidad. Para ello fue necesario

que el servidor estuviese conectado a través de un modem UMTS de la operadora Movistar, de esta manera lograr tener una dirección IP publica y así poder acceder a un punto externo de la red.

5. Se demostró el correcto funcionamiento del código al escribir las tramas que llegan en la base de datos. Esto se comprobó de dos maneras; la primera de ella es que luego de llegar una trama, decodificarla, se procede a guardarla en la base datos, si la escritura fue correcta el código muestra el mensaje "Escritura Satisfactoria", en el caso contrario el programa muestra en pantalla un mensaje error del tipo excepción para identificar cual fue el problema específico. En la Figura 46 se muestra parte de la conexión de una de las estaciones y se muestra el mensaje antes mencionado.

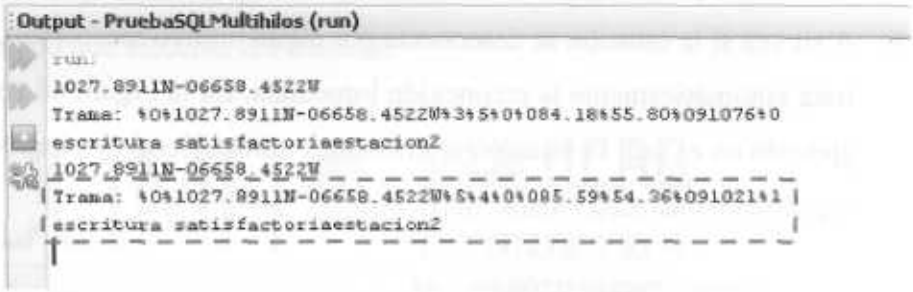


Figura 46: Comprobación escritura BD en el código

La segunda forma como se comprobó que la escritura en la base de datos fue yendo a la misma y observando la última medición registrada la cual debe coincidir con la última trama que llegó al sistema; para ello este muestra por pantalla las tramas que van llegando para poder verificar lo antes descrito. En la Figura 47 se muestra lo anteriormente mencionado.

49	0	2011-07-29	13:19:00	1027.8911N-06658.4522W	4	6	0	81.05	60.34	91139
50	0	2011-07-29	13:24:02	1027.8911N-06658.4522W	7	6	0	81.18	59.76	91112
51	0	2011-07-29	13:29:02	1027.8911N-06658.4522W	7	6	0	81.09	59.49	91078
52	0	2011-07-29	13:34:03	1027.8911N-06658.4522W	4	6	0	81.27	59.58	91113
53	0	2011-07-29	13:39:04	1027.8911N-06658.4522W	4	3	0	82.22	58.7	91100
54	0	2011-07-29	13:44:04	1027.8911N-06658.4522W	4	4	0	93.03	58.96	91041
55	0	2011-07-29	13:49:05	1027.8911N-06658.4522W	9	6	0	79.47	61.69	91044
56	0	2011-07-29	13:54:06	1027.8911N-06658.4522W	5	5	0	91.74	59.84	91078
57	0	2011-07-29	13:59:07	1027.8911N-06658.4522W	3	5	0	94.19	55.9	91078
58	0	2011-07-29	14:04:08	1027.8911N-06658.4522W	5	4	0	85.59	54.36	91021
59	0	2011-07-29	14:09:09	1027.8911N-06658.4522W	7	4	0	82.51	57.65	91027

Figura 47: Comprobación escritura BD directamente en la BD

Cabe acotar que para que se pueda escribir en la base de datos es necesario que el servidor *Wamp Server* se encuentre activo y corriendo en la máquina para poder tener acceso a la base de datos. Ya que este es el encargado de gestionar las conexiones a la base de datos a través de *MySQL*.

6. A su vez si la estación se desconecta por algún motivo inesperado, el software trata automáticamente la reconexión inmediata. En la Figura 48 se muestra un ejemplo en el cual la estación se encuentra transmitiendo y pierde la conexión repentinamente.

```
Output - PruebaSQLMultihilos (run)
run:
1027.8911N-06658.4522W
Trama: %0%1027.8911N-06658.4522W%3%5%0%083.97%57.13%09103%0
escritura satisfactoriaestacion2
estacion2
Socket timeout.
Couldn't get I/O for the connection to host.'1'
estacion2
1027.8911N-06658.4522W
Trama: %0%1027.8911N-06658.4522W%1%4%0%083.46%57.04%09100%1
escritura satisfactoriaestacion2
```

Figura 48: Reconexión Automática

7. En el caso de que el servidor central donde se guardan los datos no se encuentre en la Universidad Católica Andrés Bello, es necesario solicitar una dirección IP publica de la red cableada y hacer un *socket* entre la estación y la computadora que recibe los datos y luego usar el código java propuesto en

este Trabajo Especial de Grado para así servir de puente entre la estación y el servidor central.

IV.4.4. Presentación de los Datos.

Como se explicó en la metodología fue necesaria la creación de un portal web que mostrara de manera amigable y fácil cada uno de los datos que arroja la estación. La creación de este portal web dio como resultado lo siguiente:

Una interfaz web sencilla de usar la cual fue hecha de tal manera que pudiera manejar la data correspondiente a las cuatro estaciones, así como el historial de mediciones de las mismas.

Al acceder a la página la primera presentación para el usuario es un sub menú que le permite elegir cual estación quiere consultar. En la Figura 49 se muestra dicho sub menú esperando a la elección del usuario.

Figura 49: Sub Menú portal Web

Posteriormente de elegir la estación a consultar, esta redirige a la página principal de dicha estación en la que se presentan las últimas mediciones realizadas, desplegando cada uno de los valores, de temperatura, velocidad del tiempo, presión, humedad, pluviosidad, presión, dirección del viento, así como la imagen de *google maps* con la ubicación geográfica de la misma. En la Figura 50 se puede apreciar lo antes descrito.

este Trabajo Especial de Grado para así servir de puente entre la estación y el servidor central.

IV.4.4. Presentación de los Datos.

Como se explicó en la metodología fue necesaria la creación de un portal web que mostrara de manera amigable y fácil cada uno de los datos que arroja la estación. La creación de este portal web dio como resultado lo siguiente:

Una interfaz web sencilla de usar la cual fue hecha de tal manera que pudiera manejar la data correspondiente a las cuatro estaciones, así como el historial de mediciones de las mismas.

Al acceder a la página la primera presentación para el usuario es un sub menú que le permite elegir cual estación quiere consultar. En la Figura 49 se muestra dicho sub menú esperando a la elección del usuario.

Elegir estacion a consultar	
Estacion 1	Estacion 2
Estacion 3	Estacion 4

Figura 49: Sub Menú portal Web

Posteriormente de elegir la estación a consultar, esta redirige a la página principal de dicha estación en la que se presentan las últimas mediciones realizadas, desplegando cada uno de los valores, de temperatura, velocidad del tiempo, presión, humedad, pluviosidad, presión, dirección del viento, así como la imagen de *google maps* con la ubicación geográfica de la misma. En la Figura 50 se puede apreciar lo antes descrito.

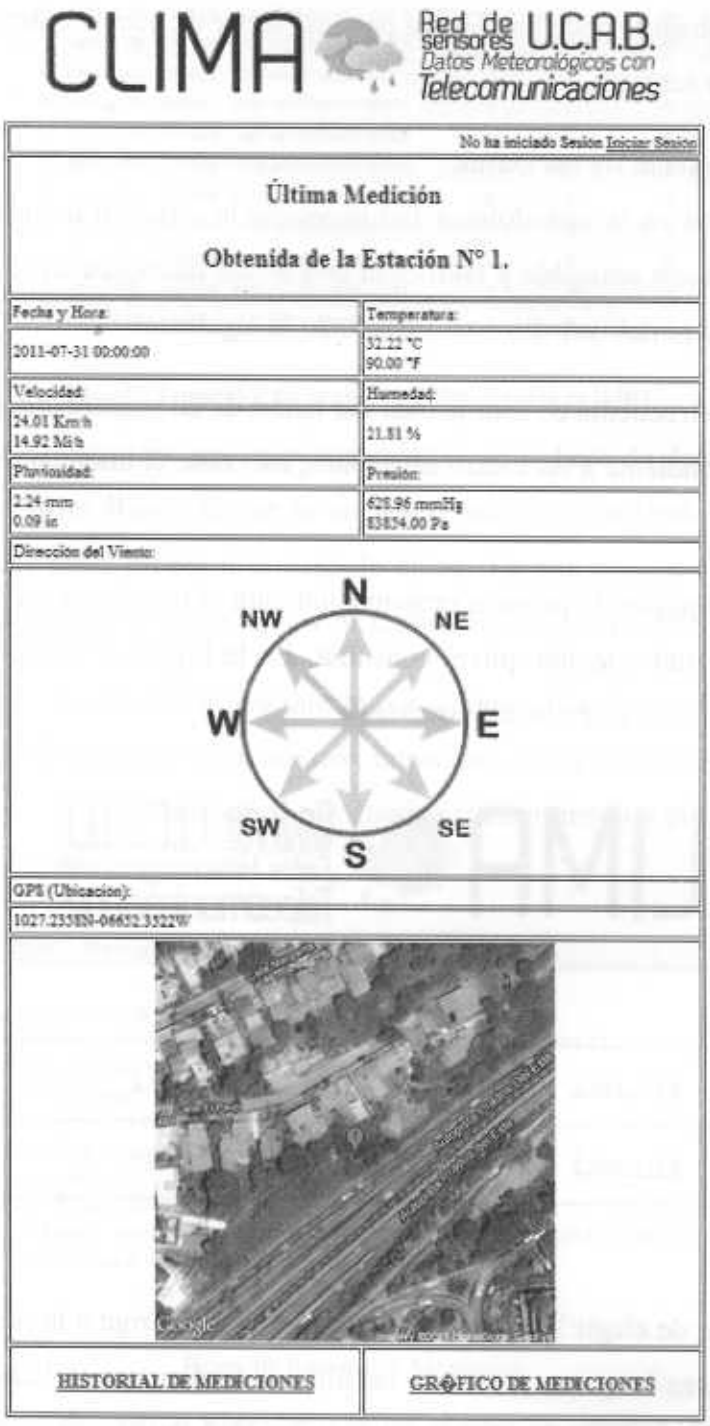


Figura 50: Página Principal

El historial de mediciones solo puede ser accedido por usuarios registrados en el portal, por lo que al presionar en el *link* historial de mediciones, esta redirige primero

al portal de inicio de sesión, donde se solicita nombre y contraseña al usuario, tal como se muestra en la Figura 51.

Figura 51: Inicio de Sesión

Luego de iniciar sesión vuelve al sub menú para elegir la estación y así poder acceder al historial de mediciones el cual solicita cual es la estación es la que se desea saber el historial así como las fechas y horas de inicio y fin del intervalo que se desea consultar. Por ende se puede consultar desde todas las mediciones de la estación como un intervalo específico en el tiempo. En la Figura 52 se muestra el formulario descrito anteriormente.

Figura 52: Historial de Mediciones

A continuación de llenar el formulario anteriormente descrito el portal muestra todas las mediciones realizadas por la estación en el intervalo de tiempo indicado, indicando muchas de ellas en varias unidades de acuerdo al caso, el historial tiene la posibilidad de ser exportado a un formato de Microsoft Excel. En la Figura 53 se muestra un ejemplo de cómo queda la página historial de mediciones.

Usuario: administrador | CERRAR SESIÓN

Historial de mediciones Estación N° 0

Desde el: 2011-07-29 a las 21:45:24

Hasta el: 2011-07-29 a las 22:45:35

Fecha y Hora	Velocidad (Km/h)	Velocidad (Mi/h)	Dirección	Pluviosidad (mm)	Pluviosidad (in)	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Humedad (%)	Presion (mmHg)	Presion (Pa)
2011-07-29 / 21:45:24	4.80	2.98	E	0.00	0.00	22.33	72.20	75.38	680.97	90788
2011-07-29 / 21:50:25	9.60	5.97	E	0.00	0.00	22.15	71.87	75.69	681.13	90809
2011-07-29 / 21:55:26	7.20	4.48	SE	0.00	0.00	22.09	71.76	76.04	681.23	90823
2011-07-29 / 22:00:27	4.80	2.98	SE	0.00	0.00	21.96	71.53	76.39	681.34	90838
2011-07-29 / 22:05:28	9.60	5.97	SE	0.00	0.00	22.03	71.66	76.56	681.37	90842
2011-07-29 / 22:10:29	7.20	4.48	E	0.00	0.00	21.95	71.51	76.88	681.50	90859
2011-07-29 / 22:15:30	4.80	2.98	E	0.00	0.00	21.98	71.57	76.96	681.49	90858
2011-07-29 / 22:20:30	4.80	2.98	E	0.00	0.00	21.81	71.26	77.55	681.64	90877
2011-07-29 / 22:25:31	7.20	4.48	E	0.00	0.00	21.72	71.10	78.31	681.72	90888
2011-07-29 / 22:30:32	9.60	5.97	E	0.00	0.00	21.71	71.08	78.72	681.73	90889
2011-07-29 / 22:43:46	7.20	4.48	E	0.00	0.00	21.79	71.22	78.87	681.85	90905
2011-07-29 / 22:45:35	4.80	2.98	SE	0.00	0.00	22.10	71.78	78.29	681.97	90922

Exportar

Ingresar NUEVO Intervalo | Volver al INICIO

Figura 53: Ejemplo Historial de Mediciones

Al presionar el botón Exportar, el usuario es enviado a otra página donde es generado un archivo .xls, con el historial de mediciones solicitado, dicho archivo es completamente descargable desde la página. En la Figura 54 se muestra la ventana de descarga. En el Apéndice A se puede apreciar extractos del historial de datos recolectados por la estación.

Figura 54: Exportar Datos

El portal web también permite graficar alguno de las medidas con respecto al tiempo para ello se llena el mismo formulario de intervalo de tiempo que en el historial de navegación y posteriormente se elige cual de los parámetros se desea graficar tal como se muestra en la Figura 55.

Figura 55: Parámetro a Graficar

Por último el portal web solicita el tipo de gráfico que se desea realizar ya sea un gráfico de barras o gráfico líneas, se selecciona el deseado y se hace clic sobre el botón siguiente. En la Figura 56 se muestra la ventana de elección del tipo de gráfico

Figura 56: Tipo de Grafico

Luego de llenar todo el formulario el portal web arroja la imagen del gráfico seleccionado, tomando como eje de las abscisas el tiempo y el eje de las ordenadas la escala del parámetro que se pidió graficar. En la Figura 57 se muestra en ejemplo de uno de los tipos de gráfica que se puede realizar. Al igual que el historial de mediciones el gráfico es totalmente descargable.

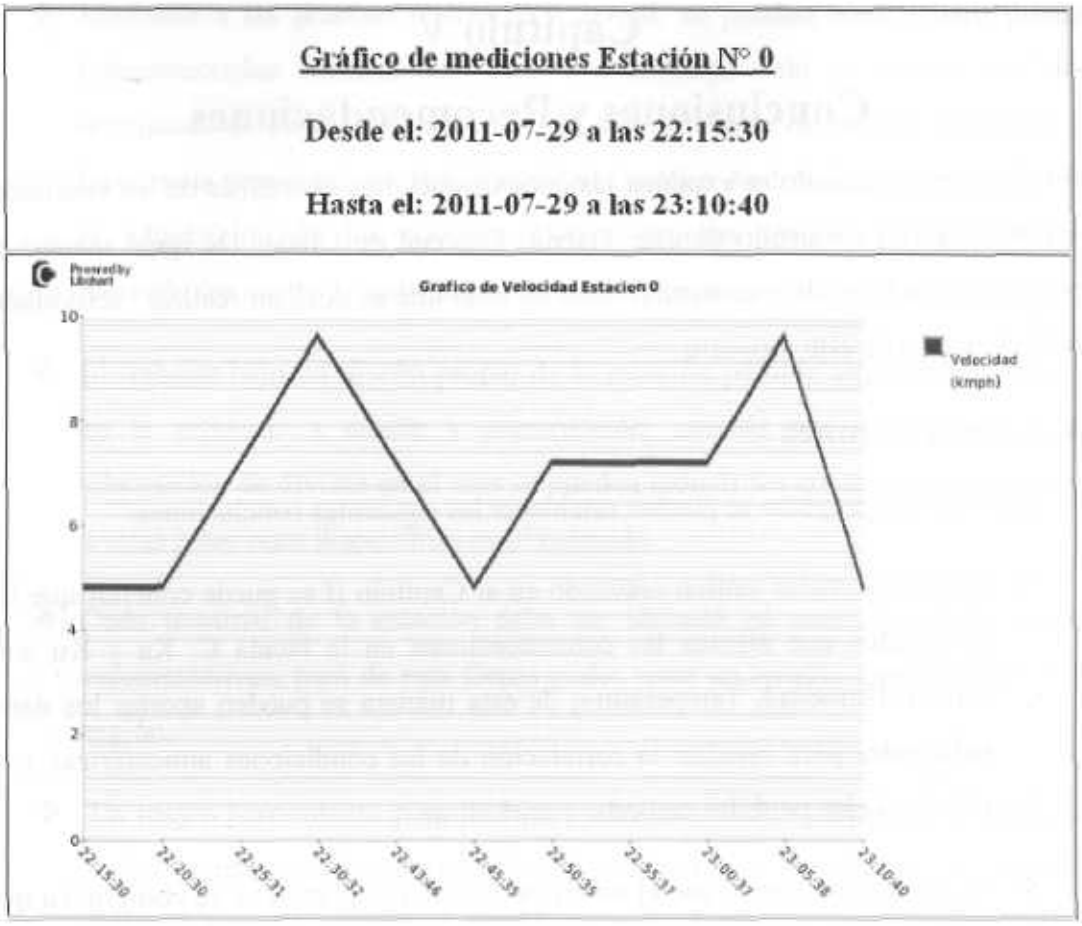


Figura 57: Gráfico de mediciones

Desde el perfil administrador se pueden agregar o eliminar usuarios, ya que dicho perfil posee un módulo propio lo que le otorga esa capacidad.

Capítulo V
Conclusiones y Recomendaciones

En el presente capítulo se exponen las conclusiones tras el análisis de los resultados obtenidos en el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado. De igual manera se presentan una serie de recomendaciones en caso que se decidan realizar actividades para el avance de este proyecto.

V.1 Conclusiones

Al finalizar este proyecto se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Según el estudio teórico realizado en el Capítulo II se puede concluir que los parámetros que afectan las comunicaciones en la banda C, Ka y Ku son: Lluvia, Humedad, Temperatura; de esta manera se pueden aportar los datos suficientes para estudiar la correlación de las condiciones atmosféricas y el cálculo de las pérdidas causadas por el clima.

- Para una trama en la que el orden es de suma importancia, se comprueba que el protocolo de capa de transporte optimo es TCP ya que este garantiza lo antes descrito. Debido a que los datos a transmitir no son de carácter confidencial no es necesario la implementación de una red virtual privada, basta con la implementación de una traducción de direcciones. Así como se concluye que la tecnología *WiFi* es la adecuada a implementar ya que presenta los menores costos de mantenimiento, en comparación a la tecnología GPRS.

- El tráfico que será transmitido en esta red no es lo suficientemente alto para congestionarla, por lo que el servidor recibe una carga sumamente baja y se demuestra el correcto funcionamiento del mismo a través de una simulación, sin embargo se evidencia que dicha simulación se encuentra sobre dimensionada debido a las limitantes del software utilizado.

- Mediante a las pruebas realizadas a la red, se pueden tener cuatro puntos interconectados recolectando data. Sin embargo solo se cuenta con dos terminales en funcionamiento, debido a la limitante de tiempo así como la burocracia presentada en la Universidad Católica Andrés Bello con respecto a la adquisición de los equipos. Dichas pruebas también evidencian que teniendo las cuatro conexiones el servidor es capaz de manejarlas.

- El trabajar bajo un diseño propio de la estación permite tener independencia en lo referente a diseño y construcción, además por los problemas de adquisición de divisas en el país se pueden reducir los costos en comparación a otras estaciones disponibles en el mercado.

- Cada terminal de la estación debe ser ubicado en zonas geográficamente representativas, para de esta forma poder tener un estudio generalizado de la región.

- La mejor herramienta para realizar conexiones entre dispositivos mediante *sockets* pertenecientes a redes independientes o a la misma red es Java. Además permite establecer multihilos para gestionar varias conexiones al mismo tiempo.

- La mejor manera para almacenar la data es a través de una base de datos, ya que se pueden crear registros de una forma ordenada lo que facilita la búsqueda de uno en específico.

- Para la presentación de los datos se debe constar con un portal web ya que es la manera más eficiente y elegante de presentarlos.

V.2 Recomendaciones

- Para proyectos que involucren dispositivos importados se recomienda estimar que la adquisición de los mismos puede tomar mucho más tiempo de lo estimado.

- Para el momento de expansión de la red se recomienda cambiar el servidor actual, a uno que posea más potencia de procesamiento así como mayor capacidad de almacenamiento. Así como que el servidor sea público para que de esta manera se pueda acceder desde cualquier punto.

- Para futuras aplicaciones de este proyecto se recomienda la incorporación de los sensores *crossbow* como sustituto de la tarjeta *Sparkfun Usb weather board.*

- Para lograr un estudio más amplio de las condiciones climáticas es necesario establecer más terminales de la red a lo largo de la región Capital.

Capítulo VI

Referencias Bibliográficas

Anonimo. (s.f.). *Atmosfera.cl.* Recuperado el 27 de 10 de 2010, de www.atmosfera.cl: www.atmosfera.cl/HTML/meteorologia/que_es.htm

Anonimo. (s.f.). *Estaciones Meteorologicas.* Recuperado el 6 de 01 de 2011, de www.pce-iberica.es.: htpp://www.pce-iberica.es/intrumentos-de-medida/medidores/estaciones-meteorologicas.htm

Anonimo. (s.f.). *inamhi.gov.* Recuperado el 30 de 10 de 2010, de www.inamhi.gov: www.inamhi.gov.ec/educativa/instrumentos_met.pdf

Asunción, I., & Carruyo, A. (2011). *Diseño de Estaciones Meteorológicas de Bajo Costo para Despliegue Rápido con Interconexión Inalámbrica.* Caracas.

Forouzan, B. A. (2007). *Transmision de datos y redes de comunicaciones.* Madrid-España: Mc Graw- Hill.

IET. (2008). *Satellite Communication Systems.* London: The Institution of Engineering and Technology.

Ippolito Jr, L. J. (2008). *Satellite communication systems engineering* . Singapore: Jonh Wiley & Sons.

Maral, G., & Bousquet, M. (2009). *influence of the atmosphere, satellite communication systems, systems techniques and technology.* Singapore: john Wiley & Sons.

Pallás Areny, R. (2005). *Sensores y acondicionamiento de señal.* Barcelona-España: Marcombo.

Rodríguez de Paiva, M. F., Cortez Marín, A. L., Núñez, M. C., Ovalles, F., & Rey, J. C. (2006). Distribución espacial de las redes de las estaciones meteorologicas de Venezuela. *INIA Divulga* , 23-29.

Sanchez Garcia, J. E. (2002). Sensores de Reactancia Variable y Electromagnéticos. *Univerisdad de Castilla de la Mancha* .

Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras.* México : Pearson Educacion .

Apéndice A

Historial de Mediciones

A continuación se presentan extractos de las mediciones tomadas por la estación ubicada en la Universidad Católica Andrés Bello.

- Para el día 28-07-2011 entre las 18:15 y 19:20

Fecha y Hora	Velocidad (Km/h)	Velocidad (Mi/h)	Dirección	Pluviosidad (mm)	Pluviosidad (in)	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Humedad (%)	Presion (mmHg)	Presion (Pa)
2011-07-28 / 18:15:30	4.80	2.98	N	0.00	0.00	28.94	84.09	57.19	682.09	90937
2011-07-28 / 18:20:30	12.01	7.46	SW	0.00	0.00	29.35	84.83	55.52	682.09	90937
2011-07-28 / 18:25:39	14.41	8.95	N	0.00	0.00	29.49	85.08	55.76	681.69	90884
2011-07-28 / 18:30:32	7.20	4.48	N	0.00	0.00	30.02	86.04	53.56	681.63	90876
2011-07-28 / 18:35:32	7.20	4.48	N	0.00	0.00	28.77	83.79	56.85	681.58	90869
2011-07-28 / 18:40:33	9.60	5.97	NW	0.00	0.00	28.47	83.25	57.9	681.51	90860
2011-07-28 / 18:45:49	9.60	5.97	NW	0.00	0.00	27.56	81.61	59.37	681.46	90853
2011-07-28 / 18:54:11	7.20	4.48	NE	0.00	0.00	28.07	82.53	59.55	681.40	90845
2011-07-28 / 18:55:36	16.81	10.44	E	0.00	0.00	27.85	82.13	59.49	681.43	90850
2011-07-28 / 19:00:37	7.20	4.48	N	0.00	0.00	27.66	81.79	60.68	681.46	90853
2011-07-28 / 19:05:38	9.60	5.97	NW	0.00	0.00	28.14	82.65	60.01	681.43	90850
2011-07-28 / 19:20:40	4.80	2.98	NW	0.00	0.00	28.75	83.75	57.44	681.17	90815

- Para el día 29-07-2011 entre 14:25 y 15:29

Fecha y Hora	Velocidad (Km/h)	Velocidad (Mi/h)	Dirección	Pluviosidad (mm)	Pluviosidad (in)	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Humedad (%)	Presion (mmHg)	Presion (Pa)
2011-07-29 / 14:25:49	7.20	4.48	N	0.00	0.00	28.87	83.97	57.13	682.80	91032
2011-07-29 / 14:36:12	2.40	1.49	SW	0.00	0.00	28.59	83.46	57.04	682.62	91008
2011-07-29 / 14:39:14	0.00	0.00	NW	0.00	0.00	27.94	82.29	59.28	682.82	91035
2011-07-29 / 14:44:14	2.40	1.49	NE	0.00	0.00	28.96	84.13	57.07	682.64	91011
2011-07-29 / 14:49:15	2.40	1.49	E	0.00	0.00	28.63	83.54	57.5	682.61	91007
2011-07-29 / 14:54:16	16.81	10.44	E	0.00	0.00	27.06	80.71	61.86	682.72	91021
2011-07-29 / 14:59:17	7.20	4.48	N	0.00	0.00	27.99	82.38	59.83	682.62	91008
2011-07-29 / 15:04:18	7.20	4.48	NW	0.00	0.00	27.16	80.89	61.65	682.52	90995
2011-07-29 / 15:09:19	14.41	8.95	E	0.00	0.00	26.15	79.07	64.1	682.94	91051
2011-07-29 / 15:14:19	4.80	2.98	N	0.00	0.00	26.79	80.22	63.97	682.53	90996
2011-07-29 / 15:19:20	14.41	8.95	NW	0.00	0.00	27.87	82.17	59.95	682.74	91024
2011-07-29 / 15:24:21	4.80	2.98	N	0.00	0.00	30.30	86.54	54.89	682.54	90997
2011-07-29 / 15:29:22	12.01	7.46	NW	0.00	0.00	29.84	85.71	53.47	682.07	90935

❖ Para el día 30-07-2011 entre 00:00 y 01:00

Fecha y Hora	Velocidad (Km/h)	Velocidad (Mi/h)	Dirección	Pluviosidad (mm)	Pluviosidad (in)	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Humedad (%)	Presion (mmHg)	Presion (Pa)
2011-07-30 / 00:00:47	7.20	4.48	E	0.00	0.00	20.70	69.26	83.59	683.11	91074
2011-07-30 / 00:05:48	4.80	2.98	E	0.00	0.00	20.55	68.99	84.35	682.79	91031
2011-07-30 / 00:10:49	4.80	2.98	SE	0.00	0.00	20.53	68.96	84.81	682.78	91030
2011-07-30 / 00:15:50	4.80	2.98	E	0.00	0.00	20.11	68.20	86.27	682.86	91040
2011-07-30 / 00:20:51	2.40	1.49	E	0.00	0.00	20.05	68.09	86.46	682.95	91052
2011-07-30 / 00:25:52	0.00	0.00	E	0.00	0.00	19.99	67.98	86.73	682.98	91056
2011-07-30 / 00:30:52	7.20	4.48	E	0.00	0.00	19.73	67.52	87.53	683.77	91162
2011-07-30 / 00:35:53	7.20	4.48	E	0.00	0.00	19.72	67.50	87.91	683.11	91074
2011-07-30 / 00:40:54	9.60	5.97	E	0.00	0.00	19.71	67.48	88.05	683.17	91081
2011-07-30 / 00:45:55	7.20	4.48	E	0.00	0.00	19.67	67.41	88.36	683.27	91095
2011-07-30 / 00:50:56	4.80	2.98	E	0.00	0.00	19.51	67.12	88.71	683.98	91189
2011-07-30 / 00:55:57	4.80	2.98	SE	0.00	0.00	19.45	67.01	88.93	683.28	91096
2011-07-30 / 01:00:58	9.60	5.97	SE	0.00	0.00	19.27	66.69	89.83	683.32	91102

❖ Para el día 31-07-2011 entre 00:00 y 01:00

Fecha y Hora	Velocidad (Km/h)	Velocidad (Mi/h)	Dirección	Pluviosidad (mm)	Pluviosidad (in)	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Humedad (%)	Presion (mmHg)	Presion (Pa)
2011-07-31 / 01:00:02	4.80	2.98	SE	0.00	0.00	20.11	68.20	86.63	683.66	91147
2011-07-31 / 01:05:02	7.20	4.48	SE	0.00	0.00	19.95	67.91	87.48	683.74	91157
2011-07-31 / 01:10:03	7.20	4.48	SE	0.00	0.00	20.07	68.13	87.32	683.95	91186
2011-07-31 / 01:15:03	4.80	2.98	SE	0.00	0.00	20.29	68.52	86.58	684.10	91205
2011-07-31 / 01:20:04	2.40	1.49	E	0.00	0.00	20.41	68.74	85.98	684.10	91205
2011-07-31 / 01:25:05	4.80	2.98	E	0.00	0.00	20.35	68.63	85.77	684.66	91280
2011-07-31 / 01:30:06	4.80	2.98	SE	0.00	0.00	20.39	68.70	85.39	684.08	91203
2011-07-31 / 01:35:07	4.80	2.98	E	0.00	0.00	20.20	68.36	86.18	684.19	91218
2011-07-31 / 01:40:08	4.80	2.98	E	0.00	0.00	19.93	67.88	87.2	684.20	91219
2011-07-31 / 01:45:09	7.20	4.48	SE	0.00	0.00	19.87	67.77	87.35	684.25	91226
2011-07-31 / 01:50:09	9.60	5.97	E	0.00	0.00	19.69	67.44	87.72	684.22	91221
2011-07-31 / 01:55:10	7.20	4.48	E	0.00	0.00	19.79	67.62	87.57	684.26	91227
2011-07-31 / 02:00:11	9.60	5.97	SE	0.00	0.00	19.75	67.55	87.53	684.37	91242

❖ Para el día 1-08-2011 entre 11:45 y 12:46

Fecha y Hora	Velocidad (Km/h)	Velocidad (Mi/h)	Dirección	Pluviosidad (mm)	Pluviosidad (in)	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)	Humedad (%)	Presion (mmHg)	Presion (Pa)
2011-08-01 / 11:45:55	4.80	2.98	NW	0.00	0.00	28.43	83.18	51.41	683.59	91138
2011-08-01 / 11:55:57	7.20	4.48	NE	0.00	0.00	28.63	83.54	50.87	683.68	91149
2011-08-01 / 12:00:59	7.20	4.48	NW	0.00	0.00	28.35	83.03	51.77	683.68	91150
2011-08-01 / 12:05:58	4.80	2.98	SW	0.00	0.00	28.39	83.10	51.66	683.70	91152
2011-08-01 / 12:10:59	12.01	7.46	NW	0.00	0.00	27.91	82.24	52.5	683.56	91133
2011-08-01 / 12:16:00	9.60	5.97	NW	0.00	0.00	26.89	80.40	55.32	683.52	91128
2011-08-01 / 12:21:01	12.01	7.46	NW	0.00	0.00	26.33	79.40	57.41	683.60	91139
2011-08-01 / 12:26:01	4.80	2.98	NW	0.00	0.00	26.48	79.67	57.28	683.80	91165
2011-08-01 / 12:31:03	7.20	4.48	E	0.00	0.00	27.51	81.52	54.76	683.59	91138
2011-08-01 / 12:36:03	7.20	4.48	NW	0.00	0.00	27.58	81.65	54.96	683.68	91150
2011-08-01 / 12:41:04	12.01	7.46	NW	0.00	0.00	27.64	81.75	54.67	683.50	91126
2011-08-01 / 12:46:05	14.41	8.95	NW	0.00	0.00	27.57	81.63	54.73	683.50	91126

Apéndice B

Código en Java

A continuación se presenta el código Java necesario para establecer la conexión TCP/IP entre los terminales de la red

Clase Prueba SQL Multihilos:

```
/*
 * To change this template, choose Tools | Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package pruebasqlmultihilos;

/**
 *
 * @author Administrador
 */
public class PruebaSQLMultihilos {

    /**
     * @param args the command line arguments
     */
    public static void main(String[] args) {
        // TODO code application logic here
        socketclient estacion1 = new socketclient();
        socketclient estacion2 = new socketclient();
        socketclient estacion3 = new socketclient();
        socketclient estacion4 = new socketclient();
        estacion1.start();
        estacion2.start();
        estacion3.start();
        //estacion4.start();
        while(true){
            //estacion1.socketclient("192.168.21.220", 20001);//Christian casa
            //System.out.println("estacion1");
            estacion2.socketclient("192.168.23.230", 10001);//
            System.out.println("estacion2");
//          estacion3.socketclient("192.168.0.135",4300);// Iri Casa
//          System.out.println("estacion3");
        //estacion4.socketclient("192.168.1.102", 20001);
        //estacion1.procesarTrama(estacion1);
        //estacion2.procesarTrama(estacion2);
        //estacion3.procesarTrama(estacion3);
        //estacion4.procesarTrama(estacion4);
```

```
    }
  }
}
```

Clase Socket Client:

```
/*
 * To change this template, choose Tools | Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package pruebasqlmultihilos;
import java.io.*;
import java.net.*;
import java.sql.SQLException;
import java.util.Calendar;
/**
 *
 * @author Administrador
 */
public class socketclient extends Thread {
    int i = 0;
    String fromServer = "";
    BufferedReader in = null;
    //BufferedReader ini = null;
    MySQLAccess11 dao = new MySQLAccess11();
    String coordGPS;
    Calendar fecha;
    int idStation;
    double velocidad;
    double direccion;
    double pluviosidad;
    double temperatura;
    double humedad;
    double presion;
    public Socket clientSocket=null;
  public void socketclient(String ip, int puerto){
    try{
        clientSocket = new Socket(ip, puerto);//Socket Casa Christian
        clientSocket.setSoTimeout(600000);
        in = new BufferedReader(new InputStreamReader(clientSocket.getInputStream()),
255);
        if(clientSocket.isConnected() && i < 12) {
          fromServer = in.readLine();
              if (fromServer.length() > 0) {
                //Parsear trama
                String trama[] = fromServer.split("%");
                idStation = Integer.parseInt(trama[1]);
                coordGPS = trama[2];
                velocidad = Double.parseDouble(trama[3]);
```

```
                    direccion = Double.parseDouble(trama[4]);
                    pluviosidad = Double.parseDouble(trama[5]);
                    temperatura = Double.parseDouble(trama[6]);
                    humedad = Double.parseDouble(trama[7]);
                    presion = Double.parseDouble(trama[8]);
                    fecha = Calendar.getInstance();
                   //Escribir a BD
                    System.out.println(coordGPS);
                    System.out.println("Trama: " + fromServer + i);
                    //dao.connect();
                    try{
                       dao.escribirTrama(idStation, coordGPS, fecha, velocidad, direccion,
pluviosidad,
                              temperatura, humedad, presion);
                    System.out.print("escritura satisfactoria");
                    }catch(SQLException e3){
                       System.out.print(e3);
                    }
                    i++;
                    try{
                     sleep(400);
                     in.close();
                     clientSocket.close();
                    }catch (InterruptedException e1) { }
                 }
        }else{
                in.close();
                clientSocket.close();
                dao.close();
                i=0;
          }

   }catch(SocketTimeoutException e){
      System.err.println("Socket timeout.");
   }catch(IOException e){
      System.err.println("Couldn't get I/O for the connection to host.'1'");
      try{
       sleep(400);
      }catch (InterruptedException e1) { }
   }
}

}
```

Clase My SQL Access 11:

```
/*
 * To change this template, choose Tools | Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package pruebasqlmultihilos;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.PreparedStatement;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import java.sql.Statement;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.Calendar;
import java.util.Date;
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;

/**
 *
 * @author CHRISTIAN
 */
public class MySQLAccess11 {
  private Connection dbConnection;
  private Statement statement = null;
  private PreparedStatement preparedStatement = null;
  private ResultSet resultSet = null;


  public void MySQLAccess() {
    try {
      this.connect();
    } catch (Exception ex) {
      Logger.getLogger(MySQLAccess11.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
    }
  }

  public void connect() throws Exception {
    try {
      // Cargar el driver para MySQL
      Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
      // Conectar a la Base de Datos
      dbConnection = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost/estacion"
          + "user=Irianta&password=12345");
    } catch (Exception e) {
    }
  }
```

```
// Es necesario cerrar la conexion con la base de datos
public void close() {
    try {
        if (resultSet != null) {
            resultSet.close();
        }

        if (statement != null) {
            statement.close();
        }

        if (dbConnection != null) {
            dbConnection.close();
        }
    } catch (Exception e) {
    }
}

public void escribirTrama(double idStation, String coordGPS, Calendar fecha, double
velocidad, double direccion,
        double pluviosidad, double temperatura, double humedad, double presion) throws
SQLException {

    SimpleDateFormat sdfDate = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd");
    SimpleDateFormat sdfTime = new SimpleDateFormat("HH:mm:ss");
    String sDriver="com.mysql.jdbc.Driver";
    String sURL="jdbc:mysql://localhost/estacion";
    ResultSet rs = null;
    try {
        // Cargar el driver para MySQL
        Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
        // Conectar a la Base de Datos
         dbConnection = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost/estacion",
"administrador", "12345");
    } catch (SQLException e) {
        System.out.print("Error al conectar a la db");
    }catch (Exception e1){
        System.out.print("error inesperado");
    }
    preparedStatement = dbConnection.prepareStatement(
            "INSERT INTO datos (idStation, GPS, Fecha, Hora, Velocidad, Direccion,
Pluviosidad, Temperatura, Humedad, Presion) VALUES (" + "'" + idStation + "'" + "," + "'" +
coordGPS + "'" + "," + "'" + sdfDate.format(fecha.getTime()) + "'" + "," + "'" +
sdfTime.format(fecha.getTime()) + "'" + "," + velocidad + "," + direccion + "," + pluviosidad
+ "," + temperatura + "," + humedad + "," + presion + ")");
    preparedStatement.executeUpdate();
  }
}
```

Apéndice C

Código DsPIC

A continuación se presentan todas las rutinas necesarias para realizar el control de la adquisición y transmisión de los datos, que posteriormente son programadas en el DsPIC.

```
//inclusión de librerias
#include "p30f4011.h"
#include "stdio.h"
#include "stdlib.h"
#include "string.h"
#include "adc10.h"
#include "uart.h"
//configuracion inicial del micro
_FOSC(XT_PLL8); //Run this project using an external crystal
                //routed via the PLL in 8x multiplier mode
                //For the 4 MHz crystal we will derive a
                //throughput of 4e+6*8/4 = 8 MIPS(Fcy)
                //,~125 nanoseconds instruction cycle time(Tcy).
_FWDT(WDT_OFF);             /* Watch dog Timer OFF          */
_FBORPOR(PBOR_OFF & MCLR_EN);  /* Brown Out OFF, MCLR Enabled   */
_FGS(CODE_PROT_OFF);        /* Code Protect OFF             */

int cubito=0;//se inicia en 0 para que comience a contar al prender la estación

int rev=0; //contador de revoluciones
int fincuenta=0;//bandera que indica que se acabo la cuenta de 1seg
int tiempo;
char humedad [15];
char temperatura[15];
char presion[15];
int fintimer32 = 0;
//procedimiento que invierte una cadena de caracteres
void reverse(char s[]){
        int i, j;
        char c;
        for (i = 0, j = strlen(s)-1; i<j; i++, j--){
           c = s[i];
           s[i] = s[j];
           s[j] = c;
        }
}
//procedimiento para Convertir un ientero en una cadena de caracteres (string)
void invento(int n, char s[]){
   int i, sign;
   if ((sign = n) < 0)
      n = -n;
```

```
  i = 0;
  do {     //genera los
     s[i++] = n % 10 + '0';  /* get next digit */
  } while ((n /= 10) > 0);    /* delete it */
  if (sign < 0)
     s[i++] = '-';
  s[i] = '\0';
  reverse(s);
}
//inicializacion de la interrupción externa INT0
void initINT0(void){
        INTCON2bits.INT0EP=1;  // INT0 activa en flancos de bajada
        IFS0bits.INT0IF=0;     // Borra bandera de interr. INT0
        IPC0bits.INT0IP = 5; // interrupt priority
        IEC0bits.INT0IE=1;     // Permite interrupciones INT0
}
//rutina de inicio de interrupcion externa INT1
void initINT1(void){
        INTCON2bits.INT1EP=1;  // INT1 activa en flancos 1bajada 0subida
        //External Interrupt 1
        IEC1bits.INT1IE=1; //Permite INT1 ISR
        IFS1bits.INT1IF=0; //Borra bandera de interr. INT1
        IPC0bits.INT0IP = 3; // interrupt priority
}
//Rutina de inicio del TIMER1
void initT1(void){
        TMR1=0;

        PR1=31250-1; //valor max del timer

        T1CONbits.TCKPS=3;//preescalado 3 que es 256
        IFS0bits.T1IF=0; //Se borran peticiones de interrupcion antiguas
        IEC0bits.T1IE=1; //Se permiten interrupciones del T1
        T1CONbits.TON=1; //Encendemos timer.
        IPC0bits.T1IP = 4;
}
//configuración de puertos
void configio(void){
        ADPCFG=0b111111110;// RB0=AN0 entrada analógica
        TRISB= 0b111000001; //la pata RB0 esta como entrada
        TRISE= 0b100111111;//RB8 entrada para INT0
        TRISD= 0b1; //RD0 entrada para INT1
}
//configuración para el conversor A/D por RB0=AN0
void initAD(void)
{
  ConfigIntADC10(ADC_INT_DISABLE);
  // config ADCON1
  _ADON=0;        // A/D converter is off (bit15)
```

```
  _ADSIDL=1;        // detención del módulo en modo IDLE (bit13)
  ADCON1bits.FORM=0; // Formato Entero (bit 8-9)
  ADCON1bits.SSRC=7; // conversión automática después del muestreo (bit 5-6-7)
  _SIMSAM=0;        // muestrea múliples canales individualmente en forma secuencial (bit
3)
  _ASAM=0;          // la captura se inicia cuando el bit SAMP se pone a uno (bit 2)
  _SAMP=0;          // los amplificadores de muestreo y retención no toman muestras (bit 1)
  _DONE=0;          // bit de estado de conversión 1.- finalizada (bit 0)
  // config ADCON2
  ADCON2bits.VCFG=0; // Vref+ =AVdd; Vref- =AVss (bit 13-14-15)
  _CSCNA=0;         // entradas no exploradas (bit10)
  ADCON2bits.CHPS=0; // convierte el canal CH0 (bit 8-9)
  _BUFS=0;          // no tiene importancia, el dato es de 16 bits (bit 7)
  ADCON2bits.SMPI=0; // genera interrupción con la primera secuencia de muestreo y
conversión (bit 2-3-4-5)
  _BUFM=0;          // buffer configurado como palabra de 16 bits (bit 1)
  _ALTS=0;          // siempre usa el MUXA (bit 0)
  // config ADCON3
  ADCON3bits.SAMC=1; // Tiempo de muestreo automático =1*TAD (bit 8-9-10-11-12)
  _ADRC=0;          // señal de reloj obtenida del reloj del sistema (bit 7)
  ADCON3bits.ADCS=9; //4; // reloj de conversión = 7*TAD (bit 0-1-2-3-4-5-6)
  // config ADCHS
  ADCHS=0;          // seleciona canal 0, entrada AN0, MUXA
  // config ADCSSL
  ADCSSL=0;         // No seleciona canal
}
//Funcion para leer y realizar con versión del puerto A/D
int lecturaad(void){
        //llamo a iniciar el modulo AD
        //initAD(void)
        unsigned int result; //variable que guarda la lectura de la conversion
        unsigned int direc;  //variable que almacena la direccion del viento codificada en 3
bits
        ADCON1bits.ADON = 1;  // prende el módula AD
        ADCON1bits.SAMP = 1;  // comienza el muestreo y conversión automática
        while(_DONE==0){
                result = ReadADC10(0); // lee buffer0 o AN0
        //}
        //else{
        //      result=0;
        //}
                //ahora segun la lectura de los niveles (10bits) codificamos en 3 bits
                if(result>0){
                        if (result<139){
                                direc=0;
                        }
                        else{
                                if (result<236){
                                        direc=1;
```

```
                        }
                        else{
                                if(result<375){
                                        direc=2;
                                }
                                else{
                                        if(result<546){
                                                direc=3;
                                        }
                                        else{
                                                if(result<708){
                                                        direc=4;
                                                }
                                                else{
                                                        if(result<837){
                                                                direc=5;
                                                        }
                                                        else{
                                                                if(result<980){
                                                                        direc=6;
                                                                }
                                                                else{
                                                                        direc=7;
                                                                }
                                                        }
                                                }
                                        }
                                }
                        }
                }
        }
        else{
                direc=8;
        }
    }
    ADCON1bits.ADON = 0;//Apago el modulo AD

    //retorno el valor de direc (direccion codif en 3 bits)

    return direc;
}
//función que devuelve el valor de las revoluciones del anemometro
int cuentarev(void){
    rev=0;
    fincuenta=0;
    //llamo a los initXXX necesarios para la conf de timer1 y int1
    initT1();
    initINT1();
    while(fincuenta==0){//mientras el timer este activo
```

```
        }
        return rev;
}
//procedimiento para encender el modulo UART2
void initUART2(){
        U2BRG=51; //equivalente del baudrate para 4M de XT con x8 de PLL
        U2MODEbits.PDSEL=0; //Para 8-bit data, sin paridad
        U2MODEbits.STSEL=0; //Para 1bit de Stop
        IFS1bits.U2TXIF=0; //Borro bandera de las interrupciones
        IEC1bits.U2TXIE=0; //No permito las interrupciones
        IFS1bits.U2RXIF=0; //Borro bandera de las interrupciones
        IEC1bits.U2RXIE=1; //No permito las interrupciones
OOJOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO
        IPC6bits.U2RXIP=7;
        U2MODEbits.UARTEN=1;//activo el modulo UART
        U2STAbits.UTXEN=1; //permito la TX
        //TRISF=0b0100; //configuro el puerto F porsia
}
//procedimiento para apagar el modulo UART1
void offUART1(){
        U2MODEbits.UARTEN=0;//desactivo el modulo UART
        U2STAbits.UTXEN=0; // NO permito la TX
}
//procedimiento para enviar una cadena por el modulo UART1
void sendUART1(char *dato){
        char * temp_ptr = (char *) dato;
        while(*temp_ptr != '\0'){
                while(U1STAbits.UTXBF);  /* wait if the buffer is full */
                U1TXREG = *temp_ptr++;   /* transfer data byte to TX reg */
        }
}
//procedimiento para enviar una cadena por el modulo UART1
void sendUART2(char *dato){
        char * temp_ptr = (char *) dato;
        while(*temp_ptr != '\0'){
                while(U2STAbits.UTXBF);  /* wait if the buffer is full */
                U2TXREG = *temp_ptr++;   /* transfer data byte to TX reg */
        }
}
//inicializacion Timer 32bits
void initT32(){
        T2CONbits.TCKPS =0b11;//prescaler de 256
        IEC0bits.T3IE = 0b1;
        IFS0bits.T3IF = 0b0;
        IPC1bits.T3IP = 6;
        long int op;
        long int periodo;
        long int periodocorrido, aux;
        //Para saber la opcion leo puerto B pines 6, 7 y 8
```

```
op = PORTB & 0b111000000;
op = op >> 6;
//case para fijar los tiempos de TX
switch(op){
        case(0):
                        //caso para 5seg
                        periodo = 156250;
        break;
        case(1):
                        //caso para 10seg
                        periodo = 312500;
        break;
        case(2):
                        //caso para 30seg
                        periodo = 937500;
        break;
        case(3):
                        //caso para 1min
                        periodo = 1875000;
        break;
        case(4):
                        //caso para 2min
                        periodo = 3750000;
        break;
        case(5):
                        //caso para 5min
                        periodo = 9375000;
        break;
        case(6):
                        //caso para 10min
                        periodo = 18750000;
        break;
        case(7):
                        //caso para 20min
                        periodo = 37500000;
        break;
        default:
                        //caso que no entre en ninguna es por defecto 5min
                        periodo = 9375000;
        break;

}
PR2 = periodo & 0b1111111111111111;//bits menos significativos

aux = periodo & 0b11111111111111110000000000000000;
periodocorrido = aux >> 16;
PR3 = periodocorrido;//bits mas significativos
T2CONbits.T32 = 0b1;//activa contador de 32bits
T2CONbits.TON = 1; //Activa el timer;
```

```
}
void leeUART2(char lect[60]){
        int i=0;
        U2RXREG = 0;

        while(i<45){

                while(!DataRdyUART2()){
                }
                lect[i]= U2RXREG & 0xFF;
                i++;
        }
        lect[i+1]='\0';
}
void tarjeta(void){
        char lect[60];
        strcpy(lect,"");
        leeUART2(lect);
        int i=0;
        while (lect[i]!='#'){
                i++;
        }
        i++;
        char campos[15];
        int campo=1;
        int leido=0;
        while(leido!= 1){
                int j=0;
                while(lect[i]!=','){
                        campos[j]=lect[i];
                        j++;
                        i++;
                }
                //campos[j]='\r';
                //campos[j+1]='\n';
                campos[j]='\0';
                if(campo == 1){
                        //campo 1 de humedad en %
                        strcpy(humedad,campos);
                        //strcpy(final,humedad);
                        //sendUART(humedad);
                }
                if(campo == 2){
                        //campo 2 de temp en °F
                        strcpy(temperatura,campos);
                        //strcpy(final,temperatura);
                        //sendUART(temperatura);
                }
                if(campo == 5){
```

```
                //campo 5 de presion en Pa
                strcpy(presion,campos);
                leido=1;
                //strcpy(final,presion);
                //sendUART(presion);
            }
            campo++;
            i++;
        }

        char trama1[50];
        strcpy(trama1,"TRAMita:");
        strcat(trama1,"%");
        strcat(trama1,temperatura);
        strcat(trama1,"%");
        strcat(trama1,humedad);
        strcat(trama1,"%");
        strcat(trama1,presion);
        strcat(trama1,"\n\r");
        fintimer32 = 0;
        sendUART2(lect);
}
//procedimiento que construye y manda
void mandatrama(void){
        char trama[50];
        int entero = 0;
        char string[50];
        //Formato de la trama:
        //id-gps-speed-direction-rain-temp-humidity-presion;

        strcpy(trama,"\0");
        strcat(trama,"%");

        entero = PORTE & 0b111111;//leo el id de estacion y hacemos mascara para
asegurar
        invento(entero, string);
        strcat(trama,string);
        strcat(trama,"%");

        //gps: ddmm.mmmmN,dddmm.mmmmW
        strcat(trama,"ddmm.mmmmN-dddmm.mmmmW");
        strcat(trama,"%");

        entero=cuentarev();//66;
        invento(entero, string);
        strcat(trama,string);
        strcat(trama,"%");

        entero=lecturaad();//55;
```

```
        invento (entero, string);
        strcat(trama,string);
        strcat(trama,"%");

        invento (cubito, string);
        strcat(trama,string);
        strcat(trama,"%");
        strcat(trama,"26.5%21.81%83854%\n\r");
        sendUART2(trama);
        fintimer32 = 0;
}

//rutina de interrupcion para contar cantidad de cubitos de lluvia que caen, INT0
void _ISR _INT0Interrupt(void)
{
                IFS0bits.INT0IF=0;    // Borra bandera de interr. INT0
                cubito++;
}
//Rutina de interrupcion para contar las revoluciones del anemometro, INT1
void _ISR _INT1Interrupt(void){
        IFS1bits.INT1IF=0;    // Borra bandera de interr. INT1
        rev++;
}
//Rutina de interrupcion del TIMER1 que cuenta 1 segundo para las revoluciones
void _ISR _T1Interrupt(void){
        IFS0bits.T1IF=0;    // Borra bandera de interr. T1

        IEC1bits.INT1IE=0; //disable INT1 ISR

        IFS1bits.INT1IF=0; //clear INT1 interrupt flag

        T1CONbits.TON=0; //Apagamos el timer.
        IEC0bits.T1IE=0; //NO se permiten interrupciones del T1
        TMR1=0;
        fincuenta=1;//bandera que permite salir del while en la rutina de cuentarev()
}
//rutina de interrupcion del TIMER3
void _ISR _T3Interrupt(void){
        IFS0bits.T3IF=0;    // Borra bandera de interr. T1
        TMR2 = 0;
        TMR3 = 0;

        //cubito++;//para comprobacion de entrada

        fintimer32 = 1;
        //mandatrama();
}
void _ISR _U2RXInterrupt(void){
        IFS1bits.U2RXIF=0; //Borro bandera de las interrupciones
        LATB=0b100;
```

```
        //mandatrama();
}
//PROGRAMA PRINCIPAL
int main(){
        configio();
        initINT0();
        initAD();
        initUART2();
        initT32();
        while (1){
                //por siempre
                //para ver si manda esta apagado y al mandar prende
                LATB=0b00;
                while(fintimer32 == 0){
                }
                LATB=0b10;
                tarjeta();
                mandatrama();
        }
        return 0;
}
```

Apéndice D

Extracto Código Portal Web

A continuación se presenta una muestra del código utilizado para establecer la interfaz web

Código Inicio.php:

```
<?php
   session_start();
?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<link href="estilos/public.css" media="all" rel="stylesheet" type="text/css" />
<title>Ãšltima MediciÃ³n</title>
<meta http-equiv="refresh" content="120"><!--Para refrescar cada X segundos-->
</head>
<body>
<?php
   include "includes/cabeza.php";
   include "includes/bdmysql.php";
   include "includes/datos.php";
$obj = new bdmysql();
$conv = new medidas();
?>
```

```
<div id="main">
<?php
    $idestacion=($_GET['idestacion']);
    $sentencia = "SELECT max(idDatos) FROM estacion.datos WHERE datos.idStation
LIKE '$idestacion'";
    $idMax = $obj->_array($obj->query($sentencia));
    //print_r($idMax[0]);
    $max = $idMax[0];
    $filaMax= $obj->buscar('datos', array('condicion' => array(
'idDatos'=>$max,
))                    );
$ultima = $obj->_object($filaMax);
//echo $conv->gradf($ultima->Temperatura);
?>
<table width="700" border="1" align="center">
<?php
    if(isset($_SESSION["Usuario"])){
?>
 <tr>
  <td align="right" colspan="2">Usuario: <?php echo "$_SESSION[Usuario]";?> | <a
href="cerrar.php">CERRAR
SESIÃ"N</a></td>
 </tr>
<?php
    }else{
?>
```

```
<tr>

 <td align="right" colspan="2">No ha iniciado SesiÃ³n <a href="iniciosesion.php">Iniciar
SesiÃ³n</a></td>

</tr>

<?php

   }

?>

<tr>

 <td id="titulotab" colspan="2" align="center" height="auto"><h2>Ãšltima
MediciÃ³n<br><br>Obtenida de la

EstaciÃ³n NÂº <?php echo $ultima->idStation; ?>.</h2></td>

</tr>

<tr>

 <td id="titulotab">Fecha y Hora:</td>

 <td id="titulotab">Temperatura:</td>

</tr>

<tr>

 <td id="celdastabclaras"><?php echo $ultima->Fecha."-".$ultima->Hora; ?></td>

 <td id="celdastabclaras"><?php echo $conv->gradc($ultima->Temperatura);

                        echo "<br>";

                        echo $conv->gradf($ultima->Temperatura);

                    ?></td>

</tr>

<tr>

 <td id="titulotab">Velocidad:</td>

 <td id="titulotab">Humedad:</td>
```

```
</tr>
<tr>
 <td id="celdastabclaras"><?php echo $conv->kmph($ultima->Velocidad);
                        echo "<br>";
                        echo $conv->miph($ultima->Velocidad);
                    ?></td>
 <td id="celdastabclaras"><?php echo $conv->humedad($ultima->Humedad);?></td>
</tr>
<tr>
 <td id="titulotab">Pluviosidad:</td>
 <td id="titulotab">PresiÃ³n:</td>
</tr>
<tr>
 <td id="celdastabclaras"><?php echo $conv->mm($ultima->Pluviosidad);
                        echo "<br>";
                        echo $conv->in($ultima->Pluviosidad);
                    ?></td>
 <td id="celdastabclaras"><?php echo $conv->mmhg($ultima->Presion);
                        echo "<br>";
                        echo $conv->pa($ultima->Presion);
                    ?></td>
</tr>
<tr>
 <td colspan="2" id="titulotab">DireccciÃ³n del Viento:</td>
</tr>
```

```
<tr>
 <td colspan="2" id="celdastabclaras" align="center">
 <img src="imagenes/<?php echo $ultima->Direccion; ?>.png" width="300" height="300"
alt="DirecciÃ³n del
Viento" />
  </td>
</tr>
<tr>
 <td colspan="2" id="titulotab">GPS (UbicaciÃ³n):</td>
</tr>
<tr>
 <td colspan="2" id="celdastabclaras"><?php echo $ultima->GPS;
   $ubica = $ultima->GPS;
   $separados = explode("-", $ubica);
   //print_r($separados);
   $lat = $separados[0];
   $lat[9] = "0";
   $long = $separados[1];
   $long[10] = "0";
$gradlat = substr($lat, 0, 2);
$minlat = substr($lat, 2, 7);
$gradlong = substr($long, 0, 3);
$minlong = substr($long, 3, 7);
$lat = $gradlat + ($minlat/60);
$long = (-1)*($gradlong + ($minlong/60));
   ?>
```

```
 </td>
</tr>
<tr>
 <td colspan="2" id="celdastabclaras" align="center"><img
src="http://maps.google.com/maps/api/staticmap?
zoom=18&size=400x400&maptype=hybrid&markers=color:blue|label:<?php echo $ultima-
>idStation; ?>|<?php echo
"$lat"; ?>,<?php echo "$long";?>&markers=size:mid&sensor=true"/>
  </td>
</tr>
<tr>
  <td id="celdastaboscuras" align="center">
   <h3><a href="historial.php"><strong>HISTORIAL DE
MEDICIONES</strong></a></h3></td>
  <td id="celdastaboscuras" align="center">
   <h3><a href="graficar.php"><strong>GRÃFICO DE
MEDICIONES</strong></a></h3></td>
 </tr>
</table>
</div>
<?php
    include "includes/pie.php";
    $obj->cerrar();
?>
</body>
</html>
```

Código SubInicio.php:

```
<?php
   session_start();
?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitioanl//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-trasitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html: charset=utf-8" />
<link href="estilos/public.css" media="all" rel="stylesheet" type="text/css"/>
<title>CLIMA U.C.A.B.</title>
</head>
<body>
<div id="main">
        <table width="400" border"0" align="center">
        <tr>
        <td align="center"><img src="imagenes/head.jpg" width="600"
height="150"/></td>
        </tr>
        </td>
        <tr>
        <table width="700" border="1" align="center">
        <td id="titulotab" colspan="2" align="center" height="auto"><h3><strong>Elegir
estacion a consultar</strong></h3></tr>
        <td align="center"><h3><a href="inicio.php?idestacion=0"><strong>Estacion
1</strong></a></h3>
```

```
        <td align="center"><h3><a href="inicio.php?idestacion=1"><strong>Estacion
2</strong></a></h3></td>

        </tr>

        <td align="center"><h3><a href="inicio.php?idestacion=2"><strong>Estacion
3</strong></a></h3>

        <td align="center"><h3><a href="inicio.php?idestacion=3"><strong>Estacion
4</strong></a></h3>

        </table>

</div>

<?php include "includes/pie.php";?>

</body>

</html>
```

Código Historial.php:

```
<?php

    session_start();

    if(!isset($_SESSION["Usuario"])){

        echo "<script>document.location.href='iniciosesion.php';</script>";

    }

?>

<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"

"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">

<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">

<head>

<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />

<link href="estilos/public.css" media="all" rel="stylesheet" type="text/css" />

<title>Historial de Mediciones</title>
```

```
<script src="SpryAssets/SpryValidationSelect.js" type="text/javascript"></script>
<link href="SpryAssets/SpryValidationSelect.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
</head>
<body>
<?php
  include "includes/cabeza.php";
  include "includes/bdmysql.php";
  $obj = new bdmysql();
  //print_r($_POST);
?>
<div id="main">
<form action="<?php
                if((isset($_POST['fin'])) && ($_POST['fin']==1)){
                    echo "mostrarhistorial.php";
                }else{
                    echo "historial.php";
                }
                ?>" method="post">
 <table width="700" border="1" align="center">
 <?php
   if(isset($_SESSION["Usuario"])){
   ?>
    <tr>
       <td align="right" colspan="2">Usuario: <?php echo "$_SESSION[Usuario]";?> | <a
href="cerrar.php">CERRAR SESIÃ"N</a></td>
```

```
  </tr>
  <?php
      }
  ?>
  <tr>
  <td colspan="2" id="titulotab" align="center"><h2>ParÃ¡metros para mostrar Historial
de Mediciones</h2></td>
  </tr>
  <tr>
  <td id="celdastaboscuras" width="350px">ID de la estaciÃ³n:</td>
  <td id="celdastabclaras" align="center" width="350px">
    <?php
      if (isset($_POST['idStation'])){
        echo "<strong> $_POST[idStation] <strong>";
 ?>
 <input name="idStation" type="hidden" value="<?php echo $_POST['idStation'];?>" />
<?php
}else{
        $sentencia = "SELECT DISTINCT idStation FROM $obj->bd.datos;";
        $ids = $obj->query($sentencia);
        $i=0;
       ?>
<span id="spryselect1">
          <select name="idStation" id="idStation">
           <option value="" selected="selected"></option>
        <?php
```

```
        while($a=$obj->_object($ids)){
        ?>
          <option value="<?php echo $a->idStation?>"><?php echo $a-
>idStation?></option>
        <?php
        }
        ?>
      </select>
</span>
      <?php
        }
      ?>
    </td>
  </tr>
<?php
    if(isset($_POST['idStation'])){
?>
    <tr>
   <td id="titulotab" colspan="2">Dia y Hora de Inicio del PerÃodo:</td>
  </tr>
  <tr>
   <td id="celdastaboscuras">Fecha de Inicio:</td>
   <td id="celdastabclaras" align="center">
      <?php
      if (isset($_POST['diaInicio'])){
        echo "<strong> $_POST[diaInicio] <strong>";
```

```
                ?>
                <input name="diaInicio" type="hidden" value="<?php echo
"$_POST[diaInicio]";?>"/>
                <?php
        }else{
                $sentencia = "SELECT DISTINCT Fecha FROM $obj->bd.datos WHERE
idStation =
$_POST[idStation];";
        $ids = $obj->query($sentencia);
                ?>
<span id="spryselect2">
                <select name="diaInicio" id="diaInicio">
        <?php while($a=$obj->_object($ids)){?>
        <option value="<?php echo "$a->Fecha";?>"><?php echo "$a-
>Fecha";?></option>
        <?php }?>
            </select>
</span>
<?php
}
?>
  </td>
 </tr>
<?php
   }
?>
<?php
```

```
    if(isset($_POST['diaInicio'])){
?>
  <tr>
   <td id="celdastaboscuras">Hora de Inicio:</td>
   <td id="celdastabclaras" align="center">
      <?php
      if (isset($_POST['horaInicio'])){
        echo "<strong> $_POST[horaInicio] <strong>";
                ?>
                <input name="horaInicio" type="hidden" value="<?php echo
"$_POST[horaInicio]";?>"/>
                <?php
      }else{
                $sentencia = "SELECT DISTINCT Hora FROM $obj->bd.datos WHERE
idStation =
$_POST[idStation] AND Fecha = '$_POST[diaInicio]';";
        $ids = $obj->query($sentencia);
                ?>
<span id="spryselect3">
    <select name="horaInicio" id="horaInicio">
     <?php while($a=$obj->_object($ids)){?>
     <option value="<?php echo "$a->Hora";?>"><?php echo "$a->Hora";?></option>
     <?php }?>
</select>
</span>
<?php
```

```
}
?>
  </td>
 </tr>
<?php
   }
?>
<?php
   if(isset($_POST['horaInicio'])){
?>
 <tr>
 <td id="titulotab" colspan="2">Dia y Hora del FinalizaciÃ³n del PerÃodo:</td>
</tr>
<tr>
 <td id="celdastaboscuras">Fecha de FinalizaciÃ³n:</td>
 <td id="celdastabclaras" align="center">
    <?php
       if (isset($_POST['diaFin'])){
         echo "<strong> $_POST[diaFin] <strong>";
                ?>
                <input name="diaFin" type="hidden" value="<?php echo
"$_POST[diaFin]";?>"/>
                <?php
       }else{
                $sentencia = "SELECT DISTINCT Fecha FROM $obj->bd.datos WHERE
idStation =
```

```
$_POST[idStation] AND Fecha >= '$_POST[diaInicio]';";
        $ids = $obj->query($sentencia);
            ?>
<span id="spryselect4">
    <select name="diaFin" id="diaFin">
        <?php while($a=$obj->_object($ids)){?>
        <option value="<?php echo "$a->Fecha";?>"><?php echo "$a-
>Fecha";?></option>
        <?php }?>
    </select>
</span>
        <?php
            }
          ?>
  </td>
  </tr>
<?php
    }
?>
<?php
    if(isset($_POST['diaFin'])){
?>
  <tr>
  <td id="celdastaboscuras">Hora de FinalizaciÃ³n:</td>
  <td id="celdastabclaras" align="center">
      <?php
```

```
    if (isset($_POST['horaFin'])){
      echo "<strong> $_POST[horaFin] <strong>";
            ?>
            <input name="horaFin" type="hidden" value="<?php echo
"$_POST[horaFin]";?>"/>
<?php
    }else{
            if($_POST['diaInicio'] == $_POST['diaFin']){
              $sentencia = "SELECT DISTINCT Hora FROM $obj->bd.datos WHERE
idStation =
$_POST[idStation] AND Fecha = '$_POST[diaFin]' AND Hora > '$_POST[horaInicio]';";
            }else{
              $sentencia = "SELECT DISTINCT Hora FROM $obj->bd.datos WHERE
idStation =
$_POST[idStation] AND Fecha = '$_POST[diaFin]';";
            }
      $ids = $obj->query($sentencia);
            ?>
<span id="spryselect5">
      <select name="horaFin" id="horaFin">
<?php while($a=$obj->_object($ids)){?>
 <option value="<?php echo "$a->Hora";?>"><?php echo "$a->Hora";?></option>
 <?php }?>
    </select>
<input name="fin" type="hidden" value="1" />
</span>
<?php
```

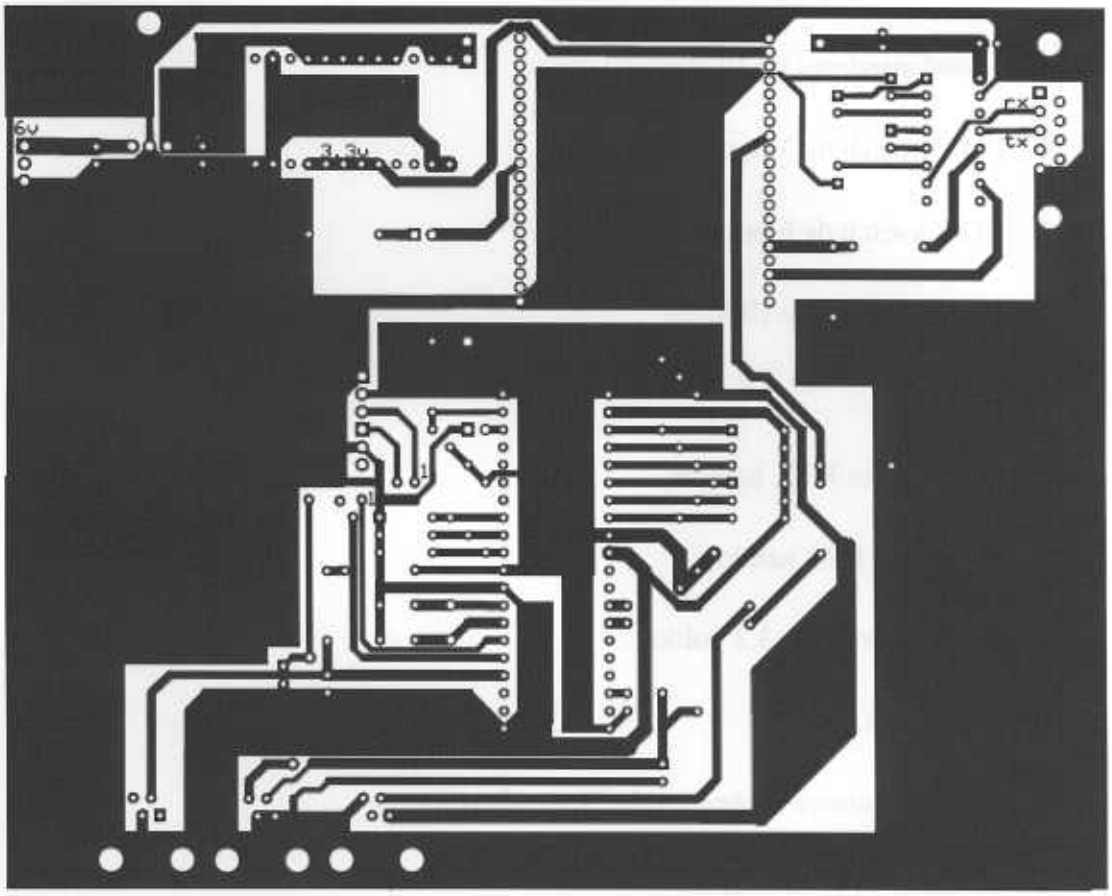
```
}
?>
  </td>
 </tr>
<?php
    }
?>
<tr>
 <td colspan="2" id="titulotab" align="center">
 <?php if((isset($_POST['fin'])) && ($_POST['fin']==1)){?>
          <input type="submit" value="Ver Historial"/>
 <?php }else{?>
          <input type="submit" value="Siguiente"/>
 <?php }?>
   </td>
  </tr>
 </table>
</form>
</div>
<?php
    include "includes/pie.php";
    $obj->cerrar();
?>
<script type="text/javascript">
<!--
```

```
var spryselect1 = new Spry.Widget.ValidationSelect("spryselect1");
var spryselect2 = new Spry.Widget.ValidationSelect("spryselect2");
var spryselect3 = new Spry.Widget.ValidationSelect("spryselect3");
var spryselect4 = new Spry.Widget.ValidationSelect("spryselect4");
var spryselect5 = new Spry.Widget.ValidationSelect("spryselect5");
//-->
</script>
</body>
</html>
```

Apéndice E

Circuito Tarjeta Control

A continuación se presenta la imagen del circuito de la tarjeta control realizado en ExpressPCB así como los componentes necesarios para su construcción



Los componentes de dicha tarjeta son:

- DsPic30f4011.
- Dispositivo MatchPort
- Max232
- 5 condensadores de 1 microfaradio.
- 3 condensadores de 10 microfaradios.
- 1 DIP switch de 3 posiciones.
- 1 DIP switch de 6 posiciones.
- 10 resistencias de 10 Kohm.
- 3 Leds.
- 3 conectores RJ11 hembra.
- 1 conector DB9 hembra.
- 2 diodos zener de 3.3 voltios.
- 1 cristal de 4 MHz
- 2 condensadores cerámicos de 22 picofaradios.
- Conector de alimentación
- Regulador de voltaje LM7805 a 5 volt
- Regulador de voltaje LM2825N a 3.3 volt
- Interruptor de encendido.