



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“REPOTENCIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA
ESTACIÓN METEOROLÓGICA CAMPBELL DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

GARZÓN OSORIO FREDDY XAVIER
TAPIA MANTILLA CHRISTIAN ALEJANDRO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

2012

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Garzón Osorio Freddy Xavier y Tapia Mantilla Christian Alejandro.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“REPOTENCIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CAMPBELL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del proyecto de grado en mención.

Latacunga, diciembre 2012.

GARZÓN OSORIO FREDDY

C.C: 050242878-2

TAPIA MANTILLA CHRISTIAN

C.C: 180362135-6

CERTIFICADO

Ing. Galarza Eddie (DIRECTOR)

Ing. Pruna Edwin (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“REPOTENCIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CAMPBELL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”** realizado por los señores: GARZÓN OSORIO FREDDY XAVIER Y TAPIA MANTILLA CHRISTIAN ALEJANDRO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: GARZÓN OSORIO FREDDY XAVIER Y TAPIA MANTILLA CHRISTIAN que lo entregue a la ING. NANCY GUERRÓN, en su calidad de Directora de Carrera.

Latacunga, diciembre 2012.

Ing. Galarza Eddie

DIRECTOR

Ing. Pruna Edwin

CODIRECTOR

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Garzón Osorio Freddy Xavier y Tapia Mantilla Christian Alejandro.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la Biblioteca virtual de la institución del trabajo **“REPOTENCIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CAMPBELL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”** cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, diciembre 2012.

GARZÓN OSORIO FREDDY

C.C: 050242878-2

TAPIA MANTILLA CHRISTIAN

C.C: 180362135-6

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primero a DIOS quien me ha dado la vida colmándome de bendiciones día a día permitiendo llegar a culminar uno de mis grandes sueños.

A mi madre CRISTINA MANTILLA quien ha sido un modelo a seguir eres lo más maravilloso, DIOS no pudo haberme dado mejor madre, tu fortaleza y empeño se transmitió a mí para valorar y continuar cada momento de mi vida.

A mi padre JORGE TAPIA quien con su ejemplo de lucha nunca me dejo desmayar, con sus pocas palabras pero alentadoras me inspiraron para continuar en los peores momentos.

A mis dos razones de mi existencia Alan y Mikaela, por quienes lucho cada minuto.

A toda mi hermosa familia, en especial a mi tío LUIS MANTILLA que aunque ya no está a mi lado el estuviera orgulloso del éxito mío.

Christian A. Tapia Mantilla

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado en primer lugar a Dios que me diste la oportunidad de vivir, por de regalarme una familia maravillosa y darme la fuerza para terminar este proyecto.

Con mucho cariño a Carlos y Carmen mis padres por su apoyo, amor, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para poder estudiar, son las dos personas que más admiro por tomar decisiones acertadas que ayudaron a mi formación profesional. Nunca olvidare todo ese esfuerzo y lucha incomparable realizado por ustedes.

A Mirian y Mayra mis hermanas que han estado conmigo toda mi vida acompañándome para poderme realizar las quiero mucho.

A Sofía, mil gracias por estar conmigo como mi novia, compañera y sobre todo como una gran amiga quien con su amor llena mi vida de felicidad, muchas gracias “sambita”.

Freddy Xavier Garzón

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminarme en cada paso de mi vida, cuidándome y llenándome de sabiduría y fortaleza en mis estudios y en especial en este proyecto de tesis. A mis padres: Jorge Tapia y Cristina Mantilla, a quienes de todo corazón agradezco su incondicional amor, cariño y comprensión.

A la Escuela Politécnica del Ejercito extensión Latacunga por haberme abierto sus puertas para poder enriquecerme de conocimientos que favorecerán en mi vida profesional.

Un agradecimiento muy especial a los profesores Ing. Galarza Eddie y al Ing. Pruna Edwin, quienes me han brindado un apoyo incondicional, colaborando en todo momento con su orientación.

Al personal docente y administrativo de la Universidad Técnica de Ambato Facultad de Agronomía que nos brindaron todas las facilidades para el desarrollo de este proyecto.

Al conjunto de personas que conforman el INAMHI, por su desinteresada ayuda para la culminación de este proyecto.

Christian A. Tapia Mantilla

AGRADECIMIENTO

En primer lugar dar gracias a Dios, quien permite que todo ocurra, por permitirnos llegar a este momento.

A mis Padres, quienes con su apoyo emocional y económico, han hecho posible la realización de esta Tesis

Finalmente, pero no menos importantes, a Christian con quien después de muchos percances, conformábamos un equipo de trabajo excelente y más que nada, seguimos siendo amigos siempre.

Freddy Xavier Garzón

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| FUNDAMENTOS TEORICOS..... | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2 ESTACIONES METEOROLÓGICAS..... | 2 |
| 1.2.1 Tipos de Estaciones Meteorológicas..... | 3 |
| 1.2.1.1 Estaciones Climatológicas Ordinarias..... | 3 |
| 1.2.1.2 Estaciones Climatológicas Principales..... | 3 |
| 1.2.1.3 Estaciones Agrometeorológicas..... | 3 |
| 1.2.1.4 Estaciones Sinópticas Principales..... | 4 |
| 1.2.1.5 Estaciones Sinópticas Suplementarias..... | 4 |
| 1.2.1.6 Estaciones Aeronáuticas..... | 4 |
| 1.2.2 Fenómenos Meteorológicos..... | 5 |
| 1.2.2.1 Fenómenos Meteorológicos..... | 5 |
| 1.2.3 Definición de las Principales Variables Meteorológicas..... | 7 |
| 1.2.3.1 Presión Atmosférica..... | 7 |
| 1.2.3.2 Temperatura..... | 7 |
| 1.2.3.3 Humedad Relativa..... | 8 |
| 1.2.3.4 Velocidad del Viento..... | 9 |
| 1.2.3.5 Dirección del Viento..... | 10 |
| 1.2.3.6 Pluviosidad..... | 11 |
| 1.2.3.7 Radiación Solar..... | 12 |
| 1.3 DATALOGGER..... | 12 |
| 1.3.1 Principales Características..... | 13 |
| 1.3.2 Aplicaciones..... | 14 |
| 1.3.3 Tipos de Datalogger..... | 14 |
| 1.4 ESTÁNDAR RS-232..... | 15 |
| 1.4.1 Descripción del Estándar RS-232..... | 15 |
| 1.4.2 Comunicación con el Estándar rs-232..... | 16 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 1.4.3 | Especificaciones Eléctricas..... | 16 |
| 1.4.4 | Especificaciones Mecánicas..... | 17 |
| 1.4.5 | Características de la Comunicación Serie con el Estándar RS-232..... | 18 |
| 1.4.6 | Descripción de pines para conectores de Comunicación Serie..... | 18 |
| 1.4.7 | Limitaciones del Estándar RS-232..... | 20 |
| 1.5 | LA TECNOLOGÍA ZIGBEE..... | 21 |
| 1.5.1 | Descripción de la tecnología ZigBee..... | 21 |
| 1.5.2 | Tipos de Dispositivos ZigBee..... | 23 |
| 1.5.2.1 | Coordinador ZigBee..... | 23 |
| 1.5.2.2 | Router ZigBee..... | 24 |
| 1.5.2.3 | Dispositivo Final..... | 24 |
| 1.5.3 | Arquitectura ZigBee..... | 24 |
| 1.5.3.1 | La Capa Física..... | 25 |
| 1.5.3.2 | La Capa Red..... | 26 |
| 1.5.3.3 | La Capa de Soporte a la Aplicación..... | 26 |
| 1.5.3.4 | La Capa Aplicación..... | 27 |
| 1.5.4 | Empaquetamiento y Direccionamiento..... | 27 |
| 1.5.5 | Seguridad..... | 29 |
| 1.5.5.1 | Arquitectura de Seguridad..... | 29 |
| 1.5.5.1.1 | Seguridad MAC..... | 30 |
| 1.5.5.1.2 | Seguridad NWK (Red)..... | 30 |
| 1.5.5.1.3 | Seguridad en Capa de Aplicación..... | 31 |
| 1.6 | SISTEMAS HMI..... | 32 |
| 1.6.1 | Tipos de HMI..... | 33 |
| 1.6.1.1 | Software HMI..... | 34 |
| 1.6.1.2 | Comunicación..... | 34 |
| 1.6.2 | Funciones de un software HMI..... | 35 |
| 1.6.3 | Estructura General del Software HMI..... | 36 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 2 | 39 |
| DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA..... | 39 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN..... | 39 |
| 2.2 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES FÍSICAS..... | 39 |
| 2.2.1 Temperatura y Humedad Relativa..... | 41 |
| 2.2.1.1 Sensor de Temperatura y Humedad Relativa "HMP45C VAISALA"..... | 41 |
| 2.2.2 Cantidad de Precipitación..... | 53 |
| 2.2.2.1 Sensor de Precipitación "CS700 " | 53 |
| 2.2.3 Velocidad y Dirección de Viento..... | 64 |
| 2.2.3.1 Monitor de Dirección y Velocidad de Viento "05103 RM YOUNG"..... | 64 |
| 2.2.4 Temperatura del Suelo..... | 76 |
| 2.2.4.1 Sonda de Temperatura 107..... | 76 |
| 2.2.5 Radiación Solar..... | 81 |
| 2.2.5.1 Pirómetro "APOGEE CR 300"..... | 82 |
| 2.2.6 Registrador de Datos "DATALOGER"..... | 86 |
| 2.2.6.1 Datalogger CR10X..... | 86 |
| 2.2.6.2 Especificaciones Técnicas del Datalogger CR10X..... | 87 |
| 2.2.6.3 Instalación..... | 90 |
| 2.2.6.4 Alimentación..... | 90 |
| 2.2.6.5 Conexión..... | 91 |
| 2.2.6.6 Limpieza y Calibración..... | 91 |
| 2.2.6.7 Mantenimiento..... | 91 |
| 2.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA | 95 |
| 2.4 DIAGRAMA DE CONEXIONES | 98 |
| 2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTÓNOMO..... | 100 |
| 2.5.1 Configuración del Datalogger CR10X..... | 100 |
| 2.5.1.1 Actualización de Firmware..... | 101 |

| | | |
|---------------------------------------|--|------------|
| 2.5.1.2 | Configuración de Datalogger CR10XTD..... | 103 |
| 2.5.1.3 | Configuraciones Adicionales..... | 119 |
| 2.5.2 | Configuración de Módulos XBee..... | 126 |
| 2.6 | DISEÑO DEL HMI..... | 132 |
| 2.6.1 | Software de Visualización RTMC..... | 133 |
| 2.6.1.1 | Modo de Desarrollo..... | 133 |
| 2.6.1.2 | Modo de Ejecución..... | 134 |
| 2.6.2 | Diseño de las Interfaces del HMI..... | 134 |
| 2.7 | DISEÑO DE PAGINA WEB..... | 142 |
| CAPÍTULO 3..... | | 144 |
| PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS..... | | 144 |
| 3.1 | PRUEBAS DE SENSORES..... | 144 |
| 3.1.1 | Sensor de Temperatura de Aire..... | 144 |
| 3.1.2 | Sensor de Humedad Relativa..... | 146 |
| 3.1.3 | Sensor de Lluvia..... | 147 |
| 3.1.4 | Sensor de Velocidad del Viento..... | 148 |
| 3.1.5 | Sensor de Dirección del Viento..... | 149 |
| 3.1.6 | Sensor de Temperatura del Suelo..... | 150 |
| 3.1.7 | Sensor de Radiación Solar..... | 151 |
| 3.2 | PRUEBAS DE MÓDULOS DE COMUNICACIÓN..... | 152 |
| 3.3 | PRUEBAS DE ENLACE DE COMUNICACIÓN..... | 157 |
| 3.4 | PRUEBAS DEL SISTEMA HMI..... | 163 |
| 3.4.1 | Pantalla Principal..... | 164 |
| 3.4.2 | Pantalla Temperatura/Humedad Relativa..... | 164 |
| 3.4.3 | Pantalla Monitor de viento..... | 165 |
| 3.4.4 | Pantalla Temperatura del suelo..... | 165 |
| 3.4.5 | Pantalla Radiación Solar..... | 166 |
| 3.4.6 | Pantalla Precipitación..... | 166 |
| 3.4.7 | Pantalla Histórico/Tabulado/Mensual..... | 167 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| 3.5 | PRUEBA DE PUBLICACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICO EN LA PAGINA WEB..... | 167 |
| 3.6 | ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 170 |
| CAPÍTULO 4 | | 171 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 171 |
| 4.1 | CONCLUSIONES..... | 171 |
| 4.2 | RECOMENDACIONES..... | 175 |

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

| | | |
|------------|---|----|
| Tabla 1. 1 | Detalle de pines para el Estándar RS-232..... | 19 |
| Tabla 1. 2 | Propiedades del IEEE 802.15.4..... | 23 |

CAPÍTULO 2

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabla 2 .1 | Variables físicas captadas por la estación meteorológica..... | 40 |
| Tabla 2 .2 | Detalle de sensores de estación meteorológica..... | 40 |
| Tabla 2 .3 | Características físicas y técnicas de sonda de Temperatura y Humedad Relativa..... | 41 |
| Tabla 2 .4 | Especificaciones técnicas de sensor de temperatura..... | 42 |
| Tabla 2 .5 | Especificaciones técnicas de sensor de humedad relativa..... | 42 |
| Tabla 2 .6 | Descripción de hilos y conexión del sensor hacia el datalogger..... | 44 |
| Tabla 2 .7 | Calibración del sensor de temperatura..... | 50 |
| Tabla 2 .8 | Calibración del sensor de humedad relativa..... | 52 |
| Tabla 2 .9 | Características físicas y técnicas de Pluviómetro..... | 54 |
| Tabla 2 .10 | Conexiones del sensor hacia el registrador de datos.... | 57 |
| Tabla 2 .11 | Calibración del pluviómetro..... | 63 |
| Tabla 2 .12 | Características físicas y técnicas del sensor “05103 RM YOUNG”..... | 65 |
| Tabla 2 .13 | Especificaciones técnicas de sensor de Velocidad de viento..... | 65 |
| Tabla 2 .14 | Especificaciones técnicas de sensor de Dirección del viento..... | 66 |
| Tabla 2 .15 | Conexiones del sensor hacia el registrador de datos.... | 69 |
| Tabla 2 .16 | Calibración del anemómetro..... | 74 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabla 2 .17 | Calibración del sensor de dirección del viento..... | 75 |
| Tabla 2 .18 | Especificaciones técnicas de sonda de temperatura 107..... | 77 |
| Tabla 2 .19 | Conexiones del sensor hacia el registrador de datos.... | 78 |
| Tabla 2 .20 | Calibración del sensor de temperatura..... | 81 |
| Tabla 2 .21 | Especificaciones técnicas del Pirómetro “APOGEE CR300”..... | 83 |
| Tabla 2 .22 | Conexión del sensor hacia el registrador de datos..... | 85 |
| Tabla 2 .23 | Prueba de funcionalidad de pirómetro..... | 86 |
| Tabla 2 .24 | Especificaciones de la pila de litio..... | 94 |
| Tabla 2 .25 | Descripción de tablas de variables..... | 123 |

CAPÍTULO 3

| | | |
|-------------|---|-----|
| Tabla 3. 1 | Prueba del sensor de temperatura..... | 145 |
| Tabla 3. 2 | Prueba de t para valores del sensor de temperatura..... | 145 |
| Tabla 3. 3 | Prueba del sensor de humedad relativa..... | 146 |
| Tabla 3. 4 | Prueba de t para valores del sensor de humedad relativa..... | 146 |
| Tabla 3. 5 | Prueba del sensor de precipitación..... | 147 |
| Tabla 3. 6 | Prueba de t para valores del sensor de precipitación..... | 147 |
| Tabla 3. 7 | Prueba del sensor de velocidad del viento..... | 148 |
| Tabla 3. 8 | Prueba de t para valores del sensor de velocidad del viento..... | 148 |
| Tabla 3. 9 | Prueba del sensor de dirección del viento..... | 149 |
| Tabla 3. 10 | Prueba de t para valores del sensor de dirección del viento..... | 150 |
| Tabla 3. 11 | Prueba del sensor de temperatura..... | 150 |
| Tabla 3. 12 | Prueba de t para valores del sensor de temperatura.... | 151 |
| Tabla 3. 13 | Prueba del sensor de radiación solar..... | 151 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 3. 14 Prueba de t para valores del sensor de radiación solar..... | 152 |
| Tabla 3. 15 Prueba de pantalla Estación Meteorológica..... | 164 |
| Tabla 3. 16 Prueba de pantalla Temperatura/Humedad Relativa.... | 165 |
| Tabla 3. 17 Prueba de pantalla Temperatura/Humedad Relativa.... | 165 |
| Tabla 3. 18 Prueba de pantalla Temperatura del Suelo..... | 166 |
| Tabla 3. 19 Prueba de pantalla Radiación Solar..... | 166 |
| Tabla 3. 20 Prueba de pantalla Radiación Solar..... | 166 |
| Tabla 3. 21 Prueba de pantalla Histórico/Tabulado/Mensual..... | 167 |

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 1.1 | Conectores DB-25 y DB-9..... | 15 |
| Figura 1.2 | Niveles de voltaje RS-232..... | 16 |
| Figura 1.3 | Flancos para el intercambio de información..... | 20 |
| Figura 1.4 | Ejemplo de una red ZigBee..... | 24 |
| Figura 1.5 | Capas que conforman la pila de protocolos ZigBee..... | 25 |
| Figura 1.6 | Campos de los cuatro tipos paquetes básicos de ZigBee..... | 28 |
| Figura 1.7 | Seguridad en MAC..... | 30 |
| Figura 1.8 | Seguridad en la capa de red..... | 31 |
| Figura 1.9 | Seguridad en APL..... | 31 |
| Figura 1.10 | Automatización de un proceso..... | 33 |
| Figura 1.11 | Estructura de un HMI..... | 36 |

CAPÍTULO 2

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 2.1 | Sensor HMP45C con protector de radiación para. trípode o torre..... | 43 |
| Figura 2.2 | Sensor HMP45C montado en torre mediante brazo..... | 44 |
| Figura 2.3 | Sonda HMP45C, cables para conexiones hacia el Datalogger..... | 45 |
| Figura 2.4 | Sensor HMP45C VAISALA..... | 46 |
| Figura 2.5 | Protector de radiación previo a la limpieza..... | 47 |
| Figura 2.6 | Sonda de Temperatura y Humedad Relativa previo a la limpieza..... | 47 |
| Figura 2.7 | Protector y Sensor de Temperatura y Humedad Relativa limpio..... | 47 |
| Figura 2.8 | Ubicación del serial del sensor Vaisala HMP45AC..... | 49 |
| Figura 2.9 | Banco de pruebas Thunder Scientific 2500..... | 52 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.10 Sonda HMP45C VAISALA con sensor patrón de temperatura y Humedad relativa..... | 53 |
| Figura 2.11 Pluviómetro CS700..... | 54 |
| Figura 2.12 Soporte de montaje CM240..... | 55 |
| Figura 2.13 Instalación típica del pluviómetro..... | 56 |
| Figura 2.14 Pluviómetro CS700..... | 57 |
| Figura 2.15 Esquema de Pluviómetro CS700..... | 58 |
| Figura 2.16 Estado en que se encontró el pluviómetro..... | 59 |
| Figura 2.17 Estado en que se encontró el pluviómetro..... | 59 |
| Figura 2.18 Pluviómetro limpio..... | 60 |
| Figura 2.19 Kit de calibración de campo de Pluviómetros..... | 60 |
| Figura 2.20 Ubicación del serial del sensor CS700-L..... | 61 |
| Figura 2.21 Pluviómetro sometido a calibración..... | 64 |
| Figura 2.22 Monitor de Viento montado a un brazo cruzado serie CM200 mediante un Riel PN17953..... | 68 |
| Figura 2.23 Monitor de Viento montado a un brazo cruzado serie CM200, con kit de montaje de ángulo recto CM200..... | 68 |
| Figura 2.24 CM220 kit de montaje de ángulo recto CM200 para un brazo cruzado..... | 68 |
| Figura 2.25 Estado en el que se encontró el monitor de viento 05103 RM YOUNG..... | 70 |
| Figura 2.26 Monitor de viento 05103 RM YOUNG limpio..... | 70 |
| Figura 2.27 Ubicación del serial del monitor de viento 05103 RM YOUNG..... | 72 |
| Figura 2.28 Montaje del calibrador Young 18811 al monitor de viento 05103 RM YOUNG..... | 73 |
| Figura 2.29 Calibración del monitor de viento 05103 RM YOUNG... | 76 |
| Figura 2.30 Sonda de temperatura 107 limpia..... | 79 |
| Figura 2.31 Pirómetro LI-COR averiado..... | 80 |
| Figura 2.32 Montaje de pirómetro con soporte CM225..... | 82 |
| Figura 2.33 Pirómetro con Brazo de Montaje 015ARM..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| Figura 2.34 Diagrama esquemático del Pirómetro CS300..... | 84 |
| Figura 2.35 Pirómetro CS300..... | 85 |
| Figura 2.36 Descripción del Datalogger CR10X..... | 87 |
| Figura 2.37 Desmontaje de Datalogger..... | 92 |
| Figura 2.38 Extracción de tapa..... | 93 |
| Figura 2.39 Extracción de la tarjeta electrónica..... | 93 |
| Figura 2.40 Ubicación de la batería de litio y desecante en el interior del datalogger CR10X..... | 94 |
| Figura 2.41 Gabinete de protección..... | 95 |
| Figura 2.42 Descripción del sistema implementado..... | 96 |
| Figura 2.43 Diagrama del sistema implementado..... | 96 |
| Figura 2.44 Conexiones de sensores hacia el datalogger..... | 98 |
| Figura 2.45 Conexión del datalogger – aislador óptico..... | 99 |
| Figura 2.46 Conexión del Aislador óptico – Módulo XBee Pro..... | 99 |
| Figura 2.47 Módulo XBee Pro – Puerto Serie PC..... | 100 |
| Figura 2.48 Versión de firmware original cargada en datalogger..... | 101 |
| Figura 2.49 Localización de Device Config Utility..... | 101 |
| Figura 2.50 Pantalla de configuración de Device Config Utility..... | 102 |
| Figura 2.51 Nueva descripción del datalogger..... | 103 |
| Figura 2.52 Ventana principal de LoggerNet..... | 104 |
| Figura 2.53 Primera ventana del Short Cut de LoggerNet..... | 104 |
| Figura 2.54 Ventana auxiliar para selección de datalogger..... | 105 |
| Figura 2.55 Ventana auxiliar para selección de intervalo de Escaneo..... | 105 |
| Figura 2.56 Segunda ventana del Short Cut de LoggerNet..... | 106 |
| Figura 2.57 Selección de sensor HMP45C VAISALA..... | 107 |
| Figura 2.58 Configuración de nombre y unidad de medición del sensor HMP45C VAISALA..... | 107 |
| Figura 2.59 Selección de sensor CS700..... | 108 |
| Figura 2.60 Configuración de nombre, unidad de medición y constante del sensor CS700..... | 108 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 2.61 | Selección de sensor 05103 RM YOUNG..... | 109 |
| Figura 2.62 | Configuración de nombre y unidad de medición del sensor 05103 RM YOUNG..... | 109 |
| Figura 2.63 | Selección de la Sonda 107..... | 110 |
| Figura 2.64 | Configuración de nombre y unidad de medición de la sonda 107..... | 110 |
| Figura 2.65 | Selección del pirómetro CS300..... | 111 |
| Figura 2.66 | Configuración de nombre y unidad de medición del pirómetro CS300..... | 111 |
| Figura 2.67 | Verificación de parámetros de sensores escogidos..... | 112 |
| Figura 2.68 | Descripción de ventana de configuración..... | 113 |
| Figura 2.69 | Configuración de AirTC (Temperatura del aire)..... | 113 |
| Figura 2.70 | Configuración de RH (Humedad Relativa)..... | 114 |
| Figura 2.71 | Configuración de Rain_mm (Cantidad de lluvia)..... | 114 |
| Figura 2.72 | Configuración de WS_ms (Velocidad del viento)..... | 115 |
| Figura 2.73 | Configuración de WindDir (Dirección del viento)..... | 115 |
| Figura 2.74 | Configuración de T107_C (Temperatura del suelo)..... | 116 |
| Figura 2.75 | Configuración de SlrKW (Pirómetro)..... | 116 |
| Figura 2.76 | Finalización de la configuración..... | 117 |
| Figura 2.77 | Descarga de configuración hacia el datalogger..... | 117 |
| Figura 2.78 | Resumen de configuración..... | 118 |
| Figura 2.79 | Diagrama de cableado para conexión..... | 118 |
| Figura 2.80 | Descripción escrita de conexión..... | 119 |
| Figura 2.81 | Descripción escrita de conexión..... | 119 |
| Figura 2.82 | Configuración del puerto de comunicación..... | 120 |
| Figura 2.83 | Habilitación del puerto y selección de velocidad de comunicación..... | 120 |
| Figura 2.84 | Configuración de recolección de datos..... | 121 |
| Figura 2.85 | Configuración de tablas de datos..... | 124 |
| Figura 2.86 | Verificación de fecha y hora..... | 125 |
| Figura 2.87 | Sincronización de fecha y hora..... | 125 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Figura 2.88 | Información de la configuración del datalogger..... | 126 |
| Figura 2.89 | Configuración de puerto de comunicación..... | 127 |
| Figura 2.90 | Mensaje de comunicación exitosa..... | 127 |
| Figura 2.91 | Pantalla de configuración..... | 128 |
| Figura 2.92 | Actualización de firmware..... | 129 |
| Figura 2.93 | Configuración Funcion Set..... | 130 |
| Figura 2.94 | Configuración PAN ID..... | 130 |
| Figura 2.95 | Configuración DH y DL..... | 131 |
| Figura 2.96 | Configuración PL..... | 131 |
| Figura 2.97 | Configuración RO..... | 132 |
| Figura 2.98 | Pantalla RTMC..... | 134 |
| Figura 2.99 | Pantalla Principal..... | 136 |
| Figura 2.100 | Pantalla para análisis de datos..... | 136 |
| Figura 2.101 | Pantalla Temperatura y Humedad..... | 137 |
| Figura 2.102 | Pantalla Monitor del viento..... | 138 |
| Figura 2.103 | Pantalla Temperatura del suelo..... | 139 |
| Figura 2.104 | Pantalla Radiación solar..... | 140 |
| Figura 2.105 | Pantalla Precipitación..... | 141 |
| Figura 2.106 | Pantalla Histórico /Tabulado Mensual..... | 141 |
| Figura 2.107 | Diseño de página web..... | 142 |
| Figura 2.108 | Página web de la estación meteorológica Querochaca..... | 143 |

CAPÍTULO 3

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 3.1 | Designación del nombre de la comunicación COORDINADOR..... | 153 |
| Figura 3.2 | Selección del puerto de la comunicación..... | 153 |
| Figura 3.3 | Configuración del puerto de la comunicación..... | 154 |
| Figura 3.4 | Designación del nombre de la comunicación ROUTER..... | 154 |
| Figura 3.5 | Selección del puerto de la comunicación..... | 155 |

| | |
|--|-----|
| Figura 3.6 Configuración del puerto de la comunicación..... | 155 |
| Figura 3.7 Mensaje del coordinador hacia el router..... | 156 |
| Figura 3.8 Mensaje recibido en el router..... | 156 |
| Figura 3.9 Mensaje del router hacia el coordinador..... | 157 |
| Figura 3.10 Mensaje recibido en el coordinador..... | 157 |
| Figura 3.11 Aplicación para monitoreo de la comunicación..... | 158 |
| Figura 3.12 Pantalla “Status Monitor”..... | 159 |
| Figura 3.13 Prueba de comunicación..... | 160 |
| Figura 3.14 Intercambio de información entre computador y Datalogger..... | 161 |
| Figura 3.15 Datos de mediciones de tabla Inlocs..... | 162 |
| Figura 3.16 Datos de mediciones de tabla Variables..... | 163 |
| Figura 3.17 Página web de la estación meteorológica Querochaca..... | 168 |
| Figura 3.18 Visualización de datos meteorológicos específicos..... | 169 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO A: Glosario de términos..... | 183 |
| ANEXO B: Manual de operación del sistema..... | 190 |
| ANEXO C: Componentes de la estación meteorológica..... | 203 |
| ANEXO D: Certificados de Calibración de los sensores de la estación meteorológica..... | 206 |

RESUMEN

El presente proyecto denominado “Repotenciación y mejoramiento del sistema de monitoreo de variables ambientales en la estación meteorológica Campbell de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato” tiene como finalidad implementar un sistema de vigilancia para la estación meteorológica Querochaca para que docentes, estudiantes de la Facultad de Ingeniería Agronómica y público en general dispongan de información climática actualizada de la zona de Querochaca donde se encuentra instalada la estación meteorológica para lograr alcanzar el desarrollo de cultivos experimentales y un nivel óptimo de producción agrícola.

Este proyecto es capaz de monitorear siete fenómenos físicos de gran importancia para la agrometeorología como: Temperatura Ambiental, Humedad Relativa, Velocidad del Viento, Dirección del Viento, Radiación Solar, Temperatura del Suelo y Pluviosidad. La estación meteorológica posee un datalogger CR10X Campbell Scientific el que almacena la información de todos los sensores meteorológicos y mediante la implementación de dos módulos XBee Pro que reemplazan la recolección manual de datos meteorológicos, se logra un enlace inalámbrico entre la estación meteorológica y los predios universitarios donde se encuentra un computador que aloja la Interface Hombre-Máquina que permite al personal universitario y estudiantes el monitoreo en tiempo real de la estación meteorológica Querochaca.

Las mediciones climáticas de la estación meteorológica Querocha son publicadas en una página web para que todo usuario que esté interesado en esta información pueda acceder libremente y emprender proyectos para la tecnificación agropecuaria y el mejoramiento de los procesos de cultivos.

ABSTRACT

This project called "upgrading and improving the system of monitoring environmental variables Campbell weather station of the Faculty of Agricultural Engineering of the Technical University of Ambato" aims to implement a monitoring system for the weather station Querochaca for teachers, students of the Faculty of Agricultural Engineering and general public have updated weather information Querochaca area where the weather station installed to reaching the development of experimental crops and an optimal level of agricultural production.

This project is able to monitor seven physical phenomena of great importance for meteorology as air temperature, relative humidity, wind speed, wind direction, solar radiation, soil temperature and rainfall. The weather station has a Campbell Scientific CR10X datalogger that stores the information of all meteorological sensors and by implementing two XBee Pro modules that replace manual collection of meteorological data, achieves a wireless link between the weather station and the university campus where there is a computer that hosts the Man-Machine Interface that allows university staff and students the real-time monitoring of the weather station Querochaca.

Climatic measurements Querochaca weather station are published on a website for everyone who is interested in this information is freely available and undertake projects for agricultural modernization and improvement of crop processes.

Capítulo 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El ser humano como siempre ha querido conocer las predicciones climáticas que depara la meteorología, hoy en día y gracias a los avances tecnológicos cualquier persona puede saber si lloverá o resplandecerá el sol durante las próximas horas simplemente mirando un reporte de una estación meteorológica.

La Climatología es una ciencia que ha evolucionado a pasos agigantados por el aporte de investigadores que dedican su tiempo a dar respuestas a muchas de las incógnitas que en el pasado se desconocían ^[1].

Generalmente el tiempo se recuerda más por sus efectos negativos en el transcurso de la historia que por los grandes beneficios que ofrece continuamente a la humanidad; evidentemente ello está en relación con la espectacularidad de las manifestaciones de los eventos adversos como inundaciones excepcionales, olas de frío, etc. ^[2]. La ciencia del tiempo surge y se desarrolla por la necesidad del hombre de protegerse de los fenómenos atmosféricos que se producen en su medio ambiente, pero también como un medio de conseguir ciertos beneficios y aplicaciones útiles de los caracteres que el tiempo ofrece cada día.

Además, el tiempo y el clima inciden sobre todas las actividades económicas del ser humano. La verdadera riqueza de un país se cimienta tanto en sus recursos humanos como naturales; por tanto, un correcto manejo de estos últimos aportará el máximo beneficio a la comunidad. Con el paso del tiempo es el clima el que determina la vegetación natural,

[1] INAMHI (Estudios Climatológicos) La Climatología.

[2] INAMHI (Estudios Climatológicos) Manifestaciones Adversas de la Climatología.

también permite una adecuada planificación de la agricultura, de los recursos hídricos, así como de la demanda de electricidad, gas, carbón para calefacción, industria, etc.

Existen muchas definiciones del clima, pero posiblemente la más acertada se refiere al "estado medio de las condiciones atmosféricas, caracterizado por la evolución del tiempo atmosférico de una área determinada"^[3]. Esta definición procura dar a entender que el clima no se considera como algo estático o invariable, por el contrario es dinámico y por eso fluctuante; mientras que el tiempo atmosférico se establece como "el estado de la atmósfera en un instante dado, definido por los diversos elementos meteorológicos"^[4].

La diferencia entre tiempo atmosférico y clima se establece ya que estos dos no son iguales pero tienen una relación dependiente, el tiempo atmosférico es el acontecimiento diario de la atmósfera y el clima como las manifestaciones más frecuentes del tiempo atmosférico a largo plazo.

1.2 ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar periódicamente distintas variables meteorológicas mediante la utilización de sensores para así poder documentar el comportamiento atmosférico. Los datos proporcionados son utilizados para la elaboración de predicciones meteorológicas.

Las estaciones meteorológicas se clasifican en varios tipos según los objetivos y los parámetros que se desee medir, entre las principales podemos citar las siguientes:

^[3] INAMHI (Estudios Climatológicos) Definición del Clima.

^[4] INAMHI (Estudios Climatológicos) definición Tiempo Atmosférico.

- Climatológicas (principales y ordinarias).
- Agrometeorológicas.
- Sinópticas (principales y secundarias).
- Aeronáuticas.

1.2.1 TIPOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS^[5].

1.2.1.1 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS PRINCIPALES

Estas estaciones meteorológicas están diseñadas para realizar observaciones del tiempo atmosférico actual, cantidad, visibilidad, precipitaciones, temperatura del aire, humedad, viento, radiación solar, evaporación y otros fenómenos especiales. Normalmente realizan tres mediciones diarias.

1.2.1.2 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS ORDINARIAS

Son estaciones las cuales tienen que estar equipadas obligatoriamente de un psicrómetro, de un pluviómetro y un pluviógrafo, para así poder realizar mediciones de precipitación y temperatura de manera instantánea.

1.2.1.3 ESTACIONES AGROMETEOROLÓGICAS

Estas estaciones meteorológicas realizan mediciones, observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas^[6]. Incluye el mismo programa de observaciones de las estaciones climatológicas principales, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo).

^[5] PCE Ibérica (Estación Meteorológica WatchDog).

^[6] **Fenología** es la ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos y plantas.

1.2.1.4 ESTACIONES SINÓPTICAS PRINCIPALES

Este tipo de estaciones meteorológicas realizan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Los datos se toman cada hora y corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitaciones, temperaturas extremas, 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.

1.2.1.5 ESTACIONES SINÓPTICAS SUPLEMENTARIAS

Al igual que en las estaciones sinópticas principales, las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos corresponden comúnmente a la visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitaciones, temperatura viento y humedad del aire.

1.2.1.6 ESTACIONES AERONÁUTICAS

Estas estaciones meteorológicas estas provistas de instrumentos de medición digitales para medir la temperatura del aire (punto de rocío, temperatura máxima y mínima), fuerza del viento, presión altimétrica, precipitación y alcance visual en la pista, además de todos estos instrumentos se utiliza un radar Doppler para así poder emitir informes **Metar**^[7], **Speci**^[8], **Climat**^[9], etc.

^[7] **Metar** es un informe meteorológico aeronáutico que proporciona la meteorología de un aeropuerto en un determinado momento.

^[8] **Speci** es un informe meteorológico aeronáutico especial que proporciona la meteorología de un aeropuerto en un determinado momento.

Las estaciones meteorológicas se establecen en la superficie de la tierra, el mar y deben estar espaciadas de tal manera que sea representativa del sector y garantice una cobertura meteorológica adecuada.

1.2.2 FENÓMENOS METEOROLÓGICOS^[10].

Dentro de la meteorología se define varios tipos de fenómenos los cuales se los cataloga de acuerdo a su naturaleza, por ejemplo todos aquellos fenómenos que tienen su origen en la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera se denominan Hidrometeoros. Los litometeoros tienen su origen de acuerdo a la concentración de partículas sólidas (polvo, hollín, etc.) en el medio ambiente. Los electrometeoros son una manifestación de la electricidad presente en la atmósfera. Y los fotometeoros son fenómenos originados por la reflexión, refracción de la luz solar o lunar.

1.2.2.1 FENÓMENOS METEOROLÓGICOS.

A continuación se presenta una clasificación de los fenómenos meteorológicos presentes en la naturaleza.

A. Hidrometeoros.

- i. Llovizna.
 - a) Débil.
 - b) Moderada.
 - c) Fuerte.
- ii. Lluvia.
 - a) Débil.
 - b) Moderada.
 - c) Fuerte.

^[9] **Climat** son informes de valores mensuales provenientes de una estación meteorológica aeronáutica.

^[10] Arguello J. y Guachamin B. (Guía de Observaciones Meteorológicas)

- iii. Granizo.
 - a) Débil.
 - b) Moderada.
 - c) Fuerte.
- iv. La niebla.
- v. La nevada.
- vi. Aguanieve.
- vii. Chubascos.
- viii. La neblina.
- ix. El rocío.
- x. La escarcha.

B. Litometeoros.

- i. Bruma o Calima
- ii. El humo
- iii. Polvareda
- iv. Tormenta de polvo y arena.
- v. Torbellino de polvo y arena.

C. Electrometeoros.

- i. Tormenta Eléctrica.
- ii. Tormenta próxima
- iii. Relámpago
- iv. Trueno
- v. Fotometeoros.
- vi. Arco iris.
- vii. Corona
- viii. Fenómeno de Halo

1.2.3 DEFINICIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES METEOROLÓGICAS.

1.2.3.1 PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Es la fuerza que la atmósfera ejerce en razón de su peso, por unidad de superficie. Por consiguiente, es igual al peso de una columna vertical de aire de base igual a la unidad de superficie que se extiende desde la superficie considerada al límite superior de la atmósfera ^[11]. Se mide con el barómetro. Al barómetro registrador se le llama barógrafo. El resultado se expresa en mb (milibares) o en mmHg (milímetros de mercurio). La presión normal es de 1013mb, que es igual a 760mmHg.

Barógrafo^[12]: Es un instrumento sensible que provee un registro continuo de la presión atmosférica. La medición de la presión se la realiza mediante de una serie de cápsulas al vacío y que se dilatan o se contraen según la presión atmosférica disminuye o aumenta en un lapso de tiempo. Las membranas de estas cápsulas se mantienen separadas entre sí por medio de un resorte.

1.2.3.2 TEMPERATURA.

Según la OMM (Organización Mundial de Meteorología) “La temperatura es la condición que determina la dirección del flujo neto de calor entre dos cuerpos.” Esta magnitud nos permite expresar el grado de calentamiento o enfriamiento de los cuerpos^[13]. El resultado se expresa con los grados centígrados o celsius. Se mide con un instrumento llamado termómetro. El termómetro registrador es el termógrafo. En la meteorología se utiliza la escala Celsius (T °C) cuyo dos puntos fijos son, el punto de fusión del hielo (0 °C) y el punto de ebullición normal del agua (100 °C).

[11] INSIVUMEH (Guatemala) Presión Atmosférica.

[12] INSIVUMEH (Guatemala) Barógrafo.

[13] Manual de Procedimientos para Estaciones Meteorológicas.

TERMÓMETRO DE MÁXIMA^[14]: Permite conocer la temperatura más alta presentada en un día o en un período de tiempo determinado. Por lo general se presenta dos o tres horas después del mediodía, cuando el suelo ha absorbido durante varias horas la radiación solar.

TERMÓMETRO DE MÍNIMA^[15]: Permite conocer la temperatura más baja presente en el día o en un periodo. Generalmente se presenta en ausencia de radiación solar directa produciendo un descenso de la temperatura en la superficie terrestre; tal enfriamiento en noches con cielo despejado puede provocar la formación de heladas y nieblas, por el contrario en noches con el cielo cubierto las temperaturas mínimas son más altas.

TERMÓGRAFO^[16]: Facilita la medición y registro continuo de las fluctuaciones de la temperatura. Está construido con sensores bimetálicos o del tubo de burdon ya que son económicos, seguros y portátiles. Este incluye un mecanismo de banda rotativa que es común entre el grupo de instrumentos registradores, la diferencia es el elemento sensible que se utiliza.

1.2.3.3 HUMEDAD RELATIVA.

Es el vapor de agua que contiene un volumen de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin que se produzca la condensación, manteniendo las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental (la cantidad de vapor de agua presente en el aire).

[14] INSIVUMEH (Guatemala) Termómetro de Máxima.

[15] INSIVUMEH (Guatemala) Termómetro de Mínima.

[16] INSIVUMEH (Guatemala) Termógrafo.

La OMM la define como: “la razón expresada en porcentaje, entre la presión de vapor observada y la tensión del vapor saturante con respecto al agua a la misma temperatura y presión”^[17].

El resultado se expresa en porcentaje. Se mide con el higrómetro o psicómetro y se registra con el higrógrafo.

PSICRÓMETRO^[18]: Es un instrumento para la medición de la humedad relativa del aire en la tensión de vapor y el punto de rocío. Está constituido por un juego de dos termómetros, un termómetro seco y el otro un termómetro mojado ya que está recubierto por una tela húmeda conectada mediante una mecha que comunica la tela a un depósito de agua destilada. El Psicrómetro se basa en que existe un descenso de temperatura entre los dos termómetros para medir el porcentaje de humedad en el ambiente.

HIGRÓGRAFO^[19]: Es un instrumento que proporciona un registro continuo de la humedad relativa. Su funcionamiento se basa en la propiedad que tienen algunas sustancias de absorber el vapor de la atmósfera, llamada sustancias higroscópicas.

1.2.3.4 VELOCIDAD DEL VIENTO.

Es la distancia recorrida por una masa de aire en una unidad de tiempo. El resultado se expresa en km/h, en m/s, etc. Se mide con el anemómetro y se registra con el anemógrafo

[17] Manual de Procedimientos para Estaciones Meteorológicas.

[18] Escuela Técnica IPEM 56 Abraham Juárez - Villa María – Córdoba. (Psicrómetro).

[19] INSIVUMEH (Guatemala), Higrógrafo.

ANEMÓMETRO DE RECORRIDO DE VIENTO^[20]: Este instrumento es utilizado para medir la velocidad del viento (fuerza del viento). Los anemómetros miden la velocidad instantánea del viento. El anemómetro nos permite medir inmediatamente la velocidad pico de una ráfaga de viento.

Existen varios tipos de anemómetros como:

- El anemómetro de rotación.
- El anemómetro de compresión.

1.2.3.5 DIRECCIÓN DEL VIENTO.

Indica de donde viene el viento. Es decir, si proviene del Norte es que el viento va hacia el Sur. Su unidad son los grados (°). Se mide con la veleta.

VELETA REGISTRADORA^[21]: Indica la dirección del viento, está diseñada para llevar en un extremo un contrapeso con la forma de una punta de flecha, la cual apunta la dirección de donde viene el viento; en el otro extremo lleva dos paletas verticales que obligan a situarse a la veleta de tal forma que exista una mínima resistencia al flujo del aire, esto es paralelamente a la dirección del viento.

Como estos dos fenómenos físicos están íntimamente relacionados se suele construir un sensor donde este abarca las dos variables a medir el cual se lo denomina “Anemógrafo”.

ANEMÓGRAFO^[22]: Registra continuamente la dirección y la fuerza del viento, registra ambos valores en dependencia del tiempo. Puede

[20] InfoAgro_Anemómetro.

[21] INSIVUMEH (Guatemala), Veleta

[22] Escuela Técnica IPEM 56 Abraham Juarez - Villa María – Córdoba. (Anemógrafo).

obtenerse sin dificultad la velocidad media de cada intervalo de tiempo de observación.

Está constituido por una veleta que determina la dirección del y una estrella de casos (o hélice) que permite determinar la velocidad del viento, estos dos elementos reposan en un soporte para girar libremente. Bajo la influencia del viento los casos giran con un número de revoluciones dependiendo la fuerza del viento para así determinar la velocidad del mismo. La veleta complementa la medición posicionándose con respecto a la dirección del viento.

Para la instalación de este instrumento de medición es necesario un terreno descubierto y libre de obstáculos para poder realizar mediciones representativas de la zona, a 10 metros de la superficie del suelo.

1.2.3.6 PLUVIOSIDAD.

Es el volumen de agua que ha caído en una unidad de superficie, es decir la cantidad de lluvia que recibe un lugar en un período determinado de tiempo. Se mide con el pluviómetro y se registra con el pluviógrafo. El resultado final se expresa en l/m^2 o en mm de H_2O , que es lo mismo.

PLUVIÓMETRO^[23]: Consiste en un cilindro con una abertura específica para la recolección de la lluvia, el agua se redirige a través de un embudo hacia un colector en el interior del cilindro para evitar la evaporación por calentamiento, donde se puede medir la cantidad de lluvia, por medio de una escala graduada en un recipiente contenedor.

PLUVIÓGRAFO^[23]: Para registrar en forma continua las cantidades de precipitación caídas se utiliza el pluviógrafo. Los registros pueden definir la cantidad de precipitación, el tiempo que esta utilizó, con lo cual se

^[23] INSIVUMEH (Guatemala), Pluviómetro.

puede analizar la distribución de la lluvia en el tiempo para así calcular la intensidad de lluvia.

Existen tres tipos de pluviógrafos: de balanza, de peso y de flotador.

1.2.3.7 RADIACIÓN SOLAR^[24].

Se conoce por radiación solar al conjunto de ondas electromagnéticas emitidas por el sol. Este flujo de energía que emana él se distribuye desde la luz infrarroja pasando por la luz visible hasta la luz ultravioleta (estas ondas comprenden una longitud de onda entre $0.7\mu\text{m}$ a $0.4\mu\text{m}$), de todo este espectro de luz el ojo humano solo es capaz de detectar la luz visible que tienen una longitud de onda de $0.46\mu\text{m}$ a $0.66\mu\text{m}$ para sus distintos colores. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado pirómetro.

PIRÓMETRO^[25]: Un pirómetro (también llamado solarímetro y actinómetro) es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra. Se trata de un sensor diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (kilovatios por metro cuadrado) en un campo de 180 grados.

Los sensores más empleados actualmente están basados en los principios termoeléctricos y fotovoltaicos.

1.3 DATALOGGER^[26].

Un Datalogger es un dispositivo electrónico que registra mediciones ordenadas en el tiempo, provenientes de diferentes sensores. Luego cada

[24] Escuela Técnica IPEM 56 Abraham Juárez - Villa María – Córdoba. (Radiación Solar).

[25] ener.es, (Venta y Gestión de Energías Renovables).

[26] Esteban J. Saravia (2004)

medición es almacenada en una memoria, junto con su respectiva fecha y hora.

En general los Datalogger son pequeños y alimentados por baterías, y están conformados por un microprocesador, una memoria para el almacenamiento de los datos y diferentes sensores. La mayoría utilizan a la PC como interface para programar al dispositivo y leer la información recolectada.

1.3.1 Principales Características

Un Datalogger debe cumplir una serie de características para ser competitivo. Por lo tanto debe cumplir con:

- Ser portátil, es decir, funcionar con baterías y tener un peso y tamaño que le permita ser transportado con facilidad.
- Tener un bajo consumo, hay que tener en cuenta que este tipo de sistemas pueden trabajar durante semanas, meses y hasta años, por lo tanto es muy importante el consumo y la capacidad de las baterías.
- Intervalos de muestreo programables y con la mayor flexibilidad posible, desde segundos hasta horas. Esto permite registrar variables con diferentes velocidades de variación.
- Tener una buena capacidad de almacenamiento de datos. En este punto entran en juego las características anteriores, por lo tanto hay que determinar una cierta cantidad de memoria, teniendo en cuenta que la duración de las baterías depende del consumo, y el tiempo de trabajo dependerá del intervalo entre muestras y la capacidad de memoria.

- Bajo costo de los componentes y disponibilidad. Es muy importante ya que para ciertas aplicaciones se podrían necesitar varios equipos, o bien, puedan ser utilizados en lugares donde corran el riesgo de ser destruidos.

1.3.2 Aplicaciones.

Los Datalogger pueden ser contruidos para controlar todo tipo de datos ambientales. La temperatura y la humedad son las más comunes. Según se requiera pueden servir para otras aplicaciones. Como redes de servicios meteorológicos para medir la humedad, temperatura, presión atmosférica, radiación solar, niveles de precipitación, etc. También algunos están siendo utilizados en la industria para registrar datos de procesos.

Una computadora facilita la programación del dispositivo y la interpretación de los datos almacenados en el datalogger mediante programas específicos.

1.3.3 Tipos de Datalogger

Los datalogger se pueden clasificar por:

- Su formato de almacenamiento de datos.
- Velocidades de muestreo.
- Número y tipo de canales de entrada/salida.

1.4 ESTÁNDAR RS-232.

1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR RS-232.

El estándar RS-232 es una interfaz serie más popular y utilizada en la transmisión de datos, esta designa una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos)^[27], aunque existen otros tipos de equipos en los que también se utiliza la interfaz RS-232 como medio de intercambio de información.

En 1969, el EIA junto con Bell Laboratories y otros fabricantes establecieron un estándar para la interfaz entre DTE's y DCE's. El objetivo de este estándar era simplificar la interconexión de equipos fabricados por diferentes firmas^[29].

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DB-9) como se muestra en la figura 1.1, la versión DB-9 es más barata e incluso más extendida.

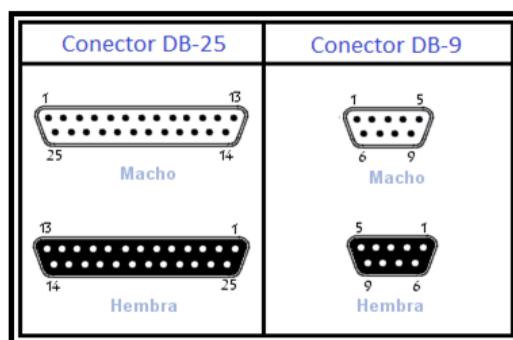


Figura 1.1: Conectores DB-25 y DB-9.

^[27] Manuel Santos Gonzales, Sistemas Telemáticos.

1.4.2 COMUNICACIÓN CON EL ESTÁNDAR RS-232.

El estándar RS-232 utiliza una comunicación serial, este es un protocolo muy común para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en cualquier computadora. La comunicación serial es también un protocolo común utilizado por varios dispositivos para instrumentación. Además, la comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo.

Por su parte el estándar RS-232, define especificaciones eléctricas y especificaciones mecánicas para realizar una correcta comunicación.

1.4.3 ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS^[28].

a) El RS-232 define los siguientes valores de voltaje como describe la figura 1.2

- Un "1" lógico es un voltaje comprendido entre -5V y -15V para el transmisor y -3V y -25V en el receptor.
- Un "0" lógico es un voltaje comprendido +5V y +15V en el transmisor y entre +3V y +25V en el receptor.

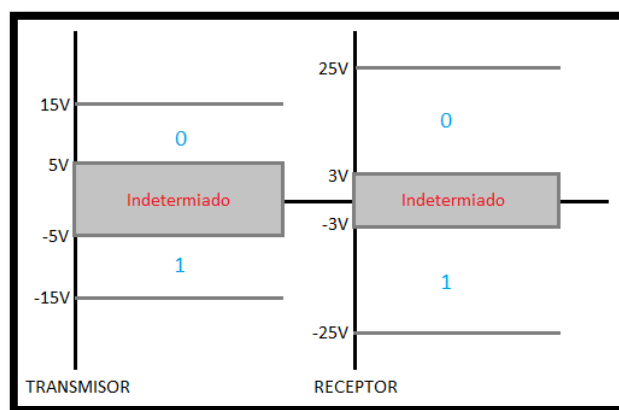


Figura 1.2: Niveles de voltaje RS-232.

^[28] Manuel Santos Gonzales, Sistemas Telemáticos.

- b) En una transmisión RS-232 mediante un DB-25, de sus 25 conductores solo cuatro son empleados para los datos. El resto son de control, temporización, tierra y pruebas. Teniendo en cuenta que las especificaciones eléctricas son iguales que para los datos, considerando que el estado ON equivale al Cero Lógico y el estado OFF equivale al Uno Lógico.

- c) La transmisión de la señal eléctrica se lo realiza mediante líneas no balanceadas. La transmisión de los datos a través de líneas no balanceadas es más sencilla ya que se utiliza un solo conductor por cada señal a transmitir y una señal común de tierra. Por otro lado la transmisión de datos mediante líneas balanceadas se utiliza dos conductores por cada señal a transmitir además de una tierra común, por lo que es necesario más conductores para transmitir la misma señal. Sin embargo, la transmisión balanceada se utiliza en algunas interfaces ya que brinda una mayor inmunidad al ruido y puede alcanzar velocidades más altas.

- b) La tasa de bits máxima que se recomienda en la norma para la distancia máxima de 15 metros es de 20 Kbps. Esta velocidad se puede aumentar si se disminuye la distancia de conexión.

1.4.4 ESPECIFICACIONES MECANICAS^[29].

- a) Se utiliza un cable de 25 conductores para enlace con un DB-25 o un cable de 9 conductores para enlace con un DB-9. Cada uno de los conductores realiza una función específica. En la mayor parte de las aplicaciones no utilizan todos los hilos conductores.

^[29] Manuel Santos Gonzales, Sistemas Telemáticos.

- b) En los extremos del cable se utiliza un conector DB-25 macho en uno de los extremos y un conector DB-25 hembra en el otro. La norma no obliga a la utilización de este conector. De hecho existe una variante que utiliza conectores DB-9.
- c) El conector hembra se utiliza para el DTE (ordenador) y el conector macho para el DCE (modem).
- d) La longitud del cable no puede exceder de 15 metros.

1.4.5 CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNICACIÓN SERIE CON EL ESTÁNDAR RS-232.

Las características más importantes de la comunicación serial son la velocidad de transmisión^[30], los bits de datos^[32], los bits de parada y la paridad^[32]. Para que dos puertos con estándar RS-232 se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

1.4.6 DESCRIPCIÓN DE PINES PARA CONECTORES DE COMUNICACIÓN SERIE.

En la tabla 1.1^[31] se muestran las señales RS-232 más comunes según los pines asignados en los dos tipos de conectores:

[30] National Instruments, Comunicación Serial: Conceptos Generales.

[31] Estándar de Comunicaciones RS-232C

Tabla 1.1: Detalle de pines para estándar RS-232.

| Número de Pin | | Señal E/S | Descripción | |
|---|---------|--------------|------------------------|---|
| En DB-25 | En DB-9 | | | |
| 1 | 1 | - | Masa chasis | - |
| 2 | 3 | TxD | Transmit Data | S |
| 3 | 2 | RxD | Receive Data | E |
| 4 | 7 | RTS | Request To Send | S |
| 5 | 8 | CTS | Clear To Send | E |
| 6 | 6 | DSR | Data Set Ready | E |
| 7 | 5 | SG | Signal Ground | - |
| 8 | 1 | CD/DCD | (Data) Carrier Detect | E |
| 15 | - | TxC(*) | Transmit Clock | S |
| 17 | - | RxC(*) | Receive Clock | E |
| 20 | 4 | DTR | Data Terminal Ready | S |
| 22 | 9 | RI | Ring Indicator | E |
| 24 | - | RTxC(*) | Transmit/Receive Clock | S |
| Nota: Normalmente no conectados en el DB-25. | | | | |

En la figura 1.3 ^[32] se muestra gráficamente cuando se puede tener un intercambio de datos en el estándar RS-232.

^[32] Adai Bujeda Ateca y Guayasén González Santiago.

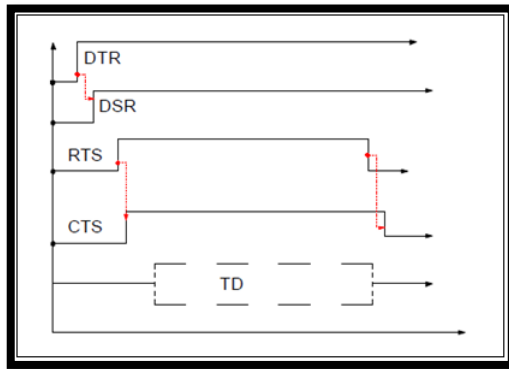


Figura 1.3: Flancos para el intercambio de información.

1.4.7 LIMITACIONES DEL ESTÁNDAR RS-232^[33].

El estándar RS-232 tiene una limitación de distancia máxima de 15 metros. Si bien no es una desventaja considerable cuando los equipos a conectar se encuentran cerca, si es un inconveniente cuando RS-232 se utiliza para conectar directamente terminales que puedan estar lejanas.

Una segunda limitación del estándar RS-232 es su método de toma de tierra o retorno común. Este método, llamado transmisión no balanceada, funciona bien la mayor parte del tiempo. Sin embargo, si hay diferencia de potencia entre los dos extremos del cable (lo cual es bastante probable en recorridos largos), se reduce la región de transición entre marca y espacio. Cuando ocurre esto, existe la posibilidad que no se interpreten bien los distintos estados de la señal.

A partir de la RS-232 se desarrollaron nuevas interfaces que pretenden transmitir a mayor velocidad alcanzando mayor distancia. Estas nuevas interfaces como la RS-422 y la RS-423 eliminan algunas restricciones de la RS-232, por ejemplo, la de poseer un retorno común para todas las señales.

^[33] Repositorio Digital-UPS (Universidad Politécnica Salesiana).

Otra dificultad es su máximo de 20 KB/s para la velocidad de transmisión. Si bien en el momento de aparición del estándar era suficiente, en la actualidad, comparado con las velocidades alcanzadas por las redes de área local, 10 y 100 MB/s y las exigencias de ancho de banda que las aplicaciones requieren, la RS-232 C en algunos casos está disminuyendo su aplicación.

1.5 LA TECNOLOGÍA ZIGBEE.

1.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA “ZIGBEE” [34].

ZigBee es una tecnología inalámbrica de corto alcance y bajo consumo. Se las utiliza especialmente para elaborar redes de sensores en entornos industriales, médicos, juguetes interactivos y sobre todo en la domótica.

ZigBee puede usar las bandas libres ISM^[35]868 MHz en Europa, 915 MHz en Estados Unidos y de 2.4 GHz para el resto del mundo.

Se puede escogerse un canal de entre un número 16 posibles, el alcance depende de la potencia de transmisión del dispositivo así como también del tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, etc.)

El desarrollo de la tecnología se centra en la sencillez y el bajo costo más que otras redes inalámbricas semejantes a las de las familias de redes inalámbricas de área personal, como por ejemplo Bluetooth.

En teoría pueden existir hasta 16.000 redes ZigBee diferentes en un mismo canal y cada una de estas redes puede estar constituida por hasta

[34] Valverde Rebaza Jorge Carlos (Universidad Nacional de Trujillo).

[35] ISM (Industrial, Scientific and Medical) son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radio frecuenciaelectromagnética en áreas industrial, científica y médica.

65.000 nodos, claro que estos límites se ven afectados por algunas restricciones físicas como memoria disponible, ancho de banda, etc., es decir, este protocolo fue desarrollado para poder soportar y controlar una cantidad enorme de dispositivos.

Para lograr lo anteriormente mencionado, ZigBee permite que cada red tenga un identificador de red único, así se consigue que varias redes en un mismo canal de comunicación puedan coexistir sin ningún problema.

Entre las características que presentan se tiene:

- Bajo costo.
- Ultra-bajo consumo de potencia.
- Uso de bandas de radio libres y sin necesidad de licencias.
- Instalación barata y simple.
- Redes flexibles y extensibles.

Las bondades de este protocolo van desde reemplazar un cable por una comunicación inalámbrica, hasta poder lograr crear configuraciones de redes complejas que satisfagan cualquier comunicación entre distintos dispositivos.

El propósito del estándar es definir niveles de red básicos para proporcionar servicio a un tipo específico de red inalámbrica de área personal (WPAN).

Los valores más característicos de este protocolo se muestran en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Propiedades del IEEE 802.15.4

| | |
|--|---|
| Bandas de frecuencias-Rango de Transmisión de Datos | 868 MHz – 20kb/s 915 MHz – 40kb/s 2.4 GHz – 250kb/s |
| Alcance | 10 – 20 m |
| Latencia | <15 ms |
| Canales | 868/915 Mhz: 11 Canales 2.4 GHz: 16 Canales |
| Modos de Direccionamiento | 64 bits IEEE |
| Canal de Acceso | CSMA_CA |
| Seguridad | 128 AES |
| Red | Hasta 2^{64} dispositivos |
| Rango de Temperatura | -40° a +85°C |

1.5.2 TIPOS DE DISPOSITIVOS ZIGBEE^[36].

Se definen tres tipos distintos de dispositivo ZigBee según su papel en la red:

1.5.2.1 Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC)

Es obligatoria la presencia de uno. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red, proporcionar los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos, asigna la direcciones de red y servir de enlace para enlazarse a otra redes. Véase figura 1.4.

El coordinador requiere de un dispositivo de función completa (FFD) ya que necesita más potencia de cómputo. También es importante que la fuente de energía sea permanente y segura ya que este dispositivo nunca entrará en modo “dormir”.

^[36] Jorge Pablo Dignani (Universidad Nacional de la Plata). Análisis del protocolo ZigBee

1.5.2.2 Router ZigBee (ZigBee Router, ZR).

Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además puede actuar como coordinador. Es el encargado del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes, se los utiliza para extender la cobertura de la red. Véase figura 1.4.

1.5.2.3 Dispositivo final (ZigBee End Device, ZED).

Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre el coordinador o un router (Figura 1.4), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, lo que prolongaría la vida útil de la su batería. Este dispositivo no realiza tareas de enrutamiento.

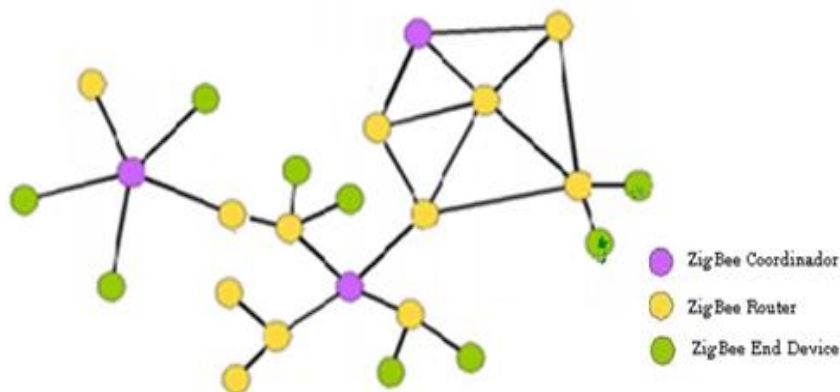


Figura 1.4: Ejemplo de una red ZigBee^[37]

1.5.3 ARQUITECTURA ZIGBEE ^[38].

ZigBee es una pila de protocolos, es similar al modelo OSI se encuentra constituido por diferentes capas, las cuales son independientes una de la otra.

En la figura 1.5 se muestran las diferentes capas del protocolo ZigBee.

^[37] Topología de red ZigBee. EcuRed

^[38] Sebastián Román Maroto Cantillo (Universidad politécnica de Valencia).

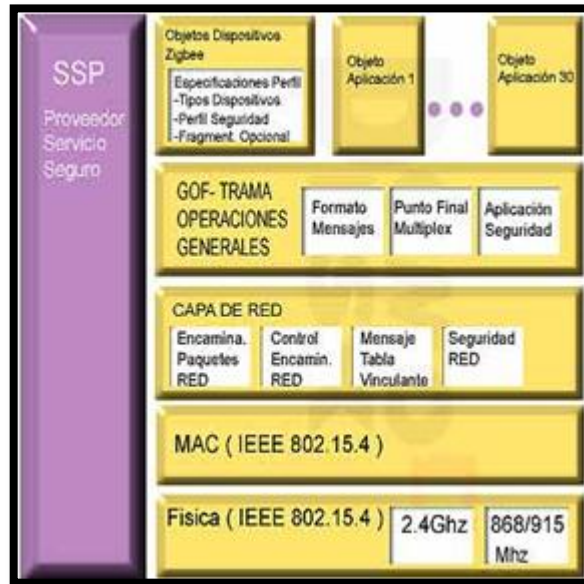


Figura 1.5: Capas que conforman la pila de protocolos ZigBee.^[38]

1.5.3.1 La capa física (PHY).- Es la capa de red más básica, que en conjunto con la capa de acceso al medio (MAC), brindan los servicios de transmisión de datos.

En este nivel se especifican las características de los conectores eléctricos, sobre qué frecuencias retransmitir, qué esquema de modulación usar y parámetros de bajo nivel. Estas dos capas están descritas en el estándar IEEE 802.15.4

El estándar trabaja sobre las bandas ISM de uso no regulado, donde se definen hasta 16 canales en el rango de 2.4 GHz, cada una de ellas con un ancho de banda de 5 MHz. Se utilizan radios con un espectro de dispersión de secuencia directa, lográndose tasas de transmisión en el

aire de hasta 250 Kbps en rangos que oscilan entre los 10 y 75 m, los cuales dependen bastante del entorno^[39].

Funciones a nivel físico:

- Activación y desactivación de los nodos.
- Detección de energía.
- Indicador de calidad del enlace.
- Detección de actividad del canal.
- Recepción y transmisión de datos.

1.5.3.2 La capa de red (NWK).- Tiene como objetivo principal permitir el correcto uso del subnivel de control de acceso al medio (MAC) y ofrecer una interfaz adecuada para su uso por parte de la capa de aplicación.

Esta capa brinda los métodos necesarios para iniciar la red, unirse a la red, encaminar paquetes dirigidos a otros nodos en la red, proporcionar los medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos.

Además la capa de red es responsable de asignar direcciones a los dispositivos de la misma. Es en esta capa en donde se implementan las distintas topologías de red de ZigBee como son árbol, estrella y malla.

1.5.3.3 La capa soporte a la aplicación.- Es la responsable de mantener al nodo interactuando correctamente en la red, filtrar paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red. ^[38]

^[39] Prof. Wílmer Pereira (Universidad Sión Bolívar).

La capa de Red y de soporte a la aplicación es definida por la ZigBee Alliance.

1.5.3.4 La capa de aplicación:- Es el nivel más alto de este modelo. Cada capa se comunica con sus capas subyacentes a través de una interfaz de datos y otra de control, las capas superiores solicitan servicios a las capas inferiores, y éstas reportan sus resultados a las superiores.

Además de las capas mencionadas, a la arquitectura se integran otro par de módulos:

Módulo de seguridad, que es quien provee los servicios para cifrar y autenticar los paquetes, y el módulo de administración del dispositivo ZigBee, que es quien se encarga de administrar los recursos de red del dispositivo local.

1.5.4. EMPAQUETAMIENTO Y DIRECCIONAMIENTO^[40].

El empaquetamiento se realiza en cuatro tipos de paquetes básicos, los cuales son: datos, ACK, MAC y baliza.

En la figura 1.6 se muestra los campos de los cuatro tipos de paquetes básicos.

El paquete de datos tiene una carga de datos de hasta 104 bytes. La trama está numerada para asegurar que todos los paquetes lleguen a su destino. Un campo asegura que el paquete se ha recibido sin errores.

La estructura de los paquetes ACK, conocida también paquete de reconocimiento, es dónde se realiza una realimentación desde el receptor al emisor, de esta manera se confirma que el paquete se ha recibido sin errores.

^[40] Juan José García Heredia (Escuela politécnica de Cartagena).

El paquete MAC, se utiliza para el control remoto y la configuración de dispositivos/nodos. Este tipo de paquete es utilizado por una red centralizada para configurar la red a distancia.

El paquete baliza se encarga de despertar los dispositivos que escuchan y luego vuelven a dormirse si no reciben ninguna tipo de dato más. Estos paquetes son importantes para mantener todos los dispositivos y nodos sincronizados, siendo esto una gran ventaja para reducir el consumo de energía y no permitiendo que los módulos permanezcan todo el tiempo encendido.

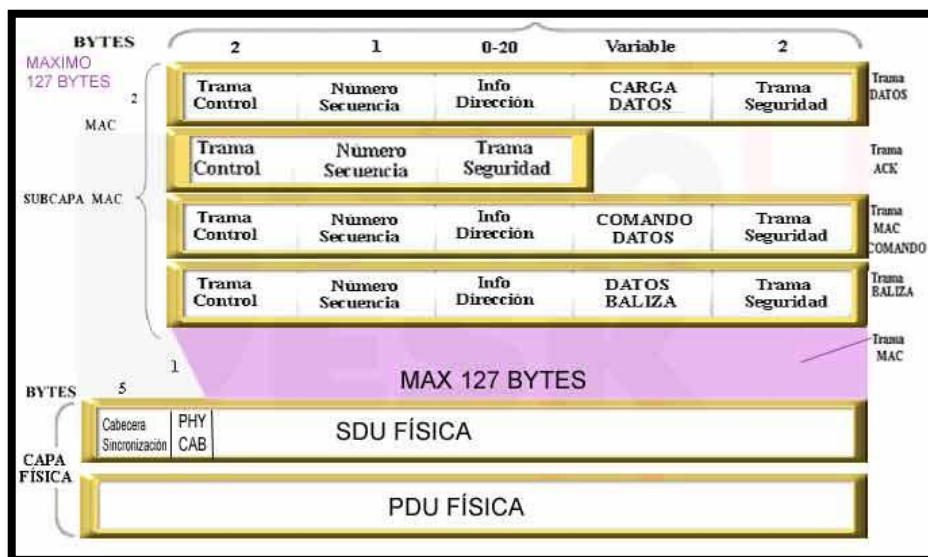


Figura 1.6: Campos de los cuatro tipos de paquetes básicos de ZigBee.^[40]

Los dispositivos se direccionan empleando 64 bits y un direccionamiento corto opcional de 16 bits.

Existe un doble direccionamiento que es usado para prevenir un fallo en la red, esto se hace en el campo de dirección incluido en la MAC el cual contiene información de direccionamiento de ambos orígenes y destinos.

Este sistema se usa típicamente en los sistemas de seguridad, en los cuales sus dispositivos sensores, detectores de movimiento o de rotura de cristales, duermen prácticamente todo el tiempo (el 99,999%). Estos elementos se despiertan de forma regular para anunciar que siguen en la red.

Cuando se produce un evento, el módulo configurado como dispositivo final o router se despierta y empieza a transmitir. Es en ese momento, el coordinador es el encargado administrar la red para precautelar que los datos lleguen a su destino.

1.5.5. SEGURIDAD.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es la seguridad de las transmisiones. Esto se lo hace cuando existen comunicaciones que no deben ser conocidos por terceros, la seguridad es un punto clave en la tecnología ZigBee.

ZigBee utiliza AES (Advance Encryption Standard) del NIST (National Institute of Standards and Technology) como técnica de encriptación ^[41].

1.5.5.1 Arquitectura de Seguridad

Las aplicaciones ZigBee se comunican usando el estándar de wireless IEEE 802.15.4 que especifica que existen dos capas, la capa física y la capa de control de acceso al medio. ZigBee construye en estas capas una capa de red (NWK) y otra de aplicación (APL).

La capa de MAC proporciona servicios para permitir una confiable comunicación directa entre dispositivos.

^[41] Jorge Pablo Dignani (Universidad Nacional de la Plata).

La capa de red proporciona el enrutado y funciones que se puedan necesitar para crear cada una de las topologías que se necesiten como la de estrella, malla, árbol, etc.

1.5.5.1.1. Seguridad MAC^[42].

Cuando una trama en la capa MAC tiene que ser asegurada, ZigBee tiene que usar la capa de seguridad que se indica en la especificación 802.15.4.

La capa MAC se encarga de su propio proceso de seguridad aunque sean las capas superiores las encargadas de determinar el nivel de seguridad a usar.

La figura 1.17 muestra un ejemplo de los campos de seguridad que son incluidos en las tramas en las que se indica que tiene que existir seguridad a nivel de MAC.

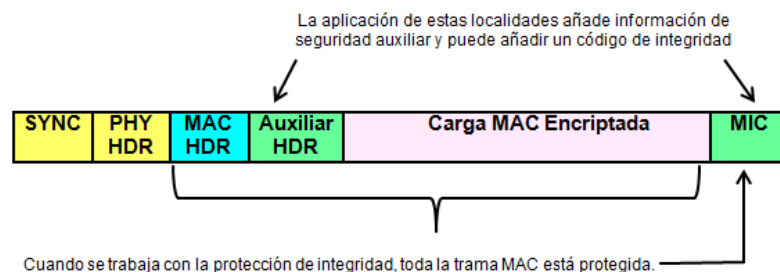


Figura 1.7: Seguridad en MAC

1.5.5.1.2 Seguridad NWK (Red)

Esta tipo de seguridad se utilizará cuando una trama en la capa de red necesita ser asegurada, al igual que la capa MAC, el mecanismo de

[42] IEEE 802.15.4 Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications for Low – Rate Wireless Personal Area Networks, Sept 2006

protección de trama en la capa de red usa de la encriptación Advanced Encryption Standard, es decir, AES. Sin embargo son las capas superiores las que deben indicar el nivel de seguridad que se tiene que aplicar.

La figura 1.8 muestra los campos que se deben incluir en una trama de red.

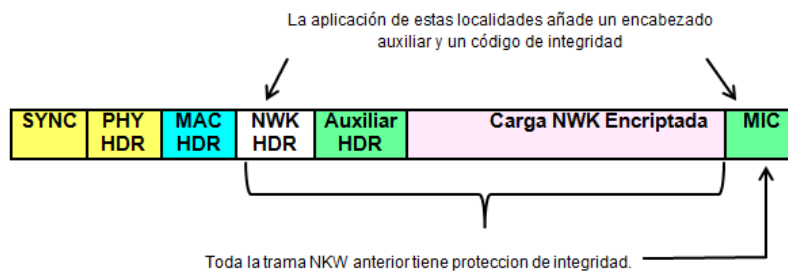


Figura 1.8: Seguridad en la capa de red

1.5.5.1.3 Seguridad en la capa de aplicación.

Cuando una trama en la capa APL necesita ser asegurada, la subcapa APS es la encargada de gestionar dicha seguridad. La capa APS permite que la seguridad de trama se base en las claves de enlace y de red como ya se mencionó anteriormente. La figura 1.9 muestra los campos para proporcionar seguridad en una trama del nivel APL.

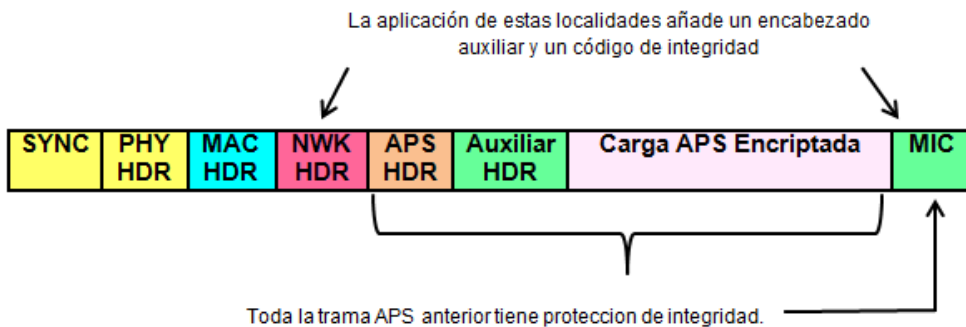


Figura 1.9: Seguridad en APL.

1.6 SISTEMA HMI.

Human Machine Interface o Interfaz Hombre Máquina es el lugar donde se encuentran las personas y la tecnología. Estos sistemas HMI se presentan como una ventana de un proceso, los HMI deben ser lo más amigable posible para que el operador pueda interactuar con el proceso sin ninguna dificultad. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

La interfaz de usuario puede estar constituida por toda una serie de dispositivos, tanto físicos como lógicos que permiten interactuar de una manera precisa y concreta con un sistema ^[43].

Las señales que se toman del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's, RTU o DRIVE's. La figura 1.10 muestra un diagrama de bloques de una automatización de un proceso.

Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso.

En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

[43] Enrique Ruiz-Velasco, Educatrónica: Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología.

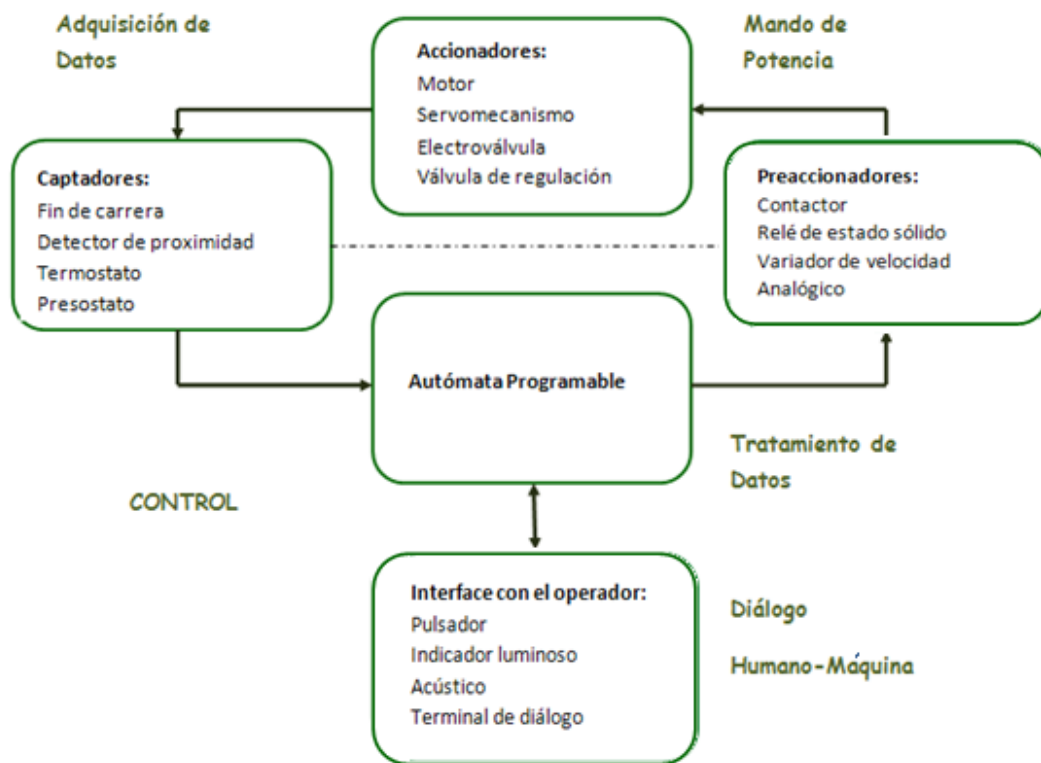


Figura 1.10: Automatización de un proceso.

1.6.1 TIPOS DE HMI^[44].

Podemos distinguir básicamente dos tipos de HMI's:

Terminal de Operador consistente en un dispositivo generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto.

PC + Software este en cambio constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación.

^[44] Sistema de interfaz: Ing. Diego M Rosero. (Departamento de Computación).

1.6.1.1 Software HMI ^[45].

Estos programas permiten las siguientes funciones: Interface gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas.

Solo la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas.

1.6.1.2 Comunicación.

La comunicación con los dispositivos o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas de entrada y salida disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PCs.

Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación los cuales son sus clientes.

Este modo de comunicación se realiza a través de servidores OPC's (Ole for Process Control) los que permiten enlazar múltiples dispositivos hacia el PC.

^[45] Sistemas Scada: Aquilino Rodríguez Penin.

1.6.2 FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI^[46].

Los HMI realizan funciones como:

Monitoreo.- Es la habilidad de obtener y mostrar datos de un proceso en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

Supervisión.- Esta función permite junto con el monitoreo, la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

Alarmas.- Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos, las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.

Control.- Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites

Históricos.- Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y realizar corrección de procesos.

Tareas de un Software de Supervisión y Control.

- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos dinámica con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados.
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.

[46] Luis Mera y Mairicio Mayorga, Repositorio Digital ESPE, Repositorio Digital ESPE.

- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de la variable para análisis estadístico y/o control
- Controlar en forma limitada ciertas variables del proceso.

1.6.3 ESTRUCTURA GENERAL DEL SOFTWARE HMI^[47].

En la Figura 1.11 se muestra cómo funcionan algunos de los programas y archivos más importantes.

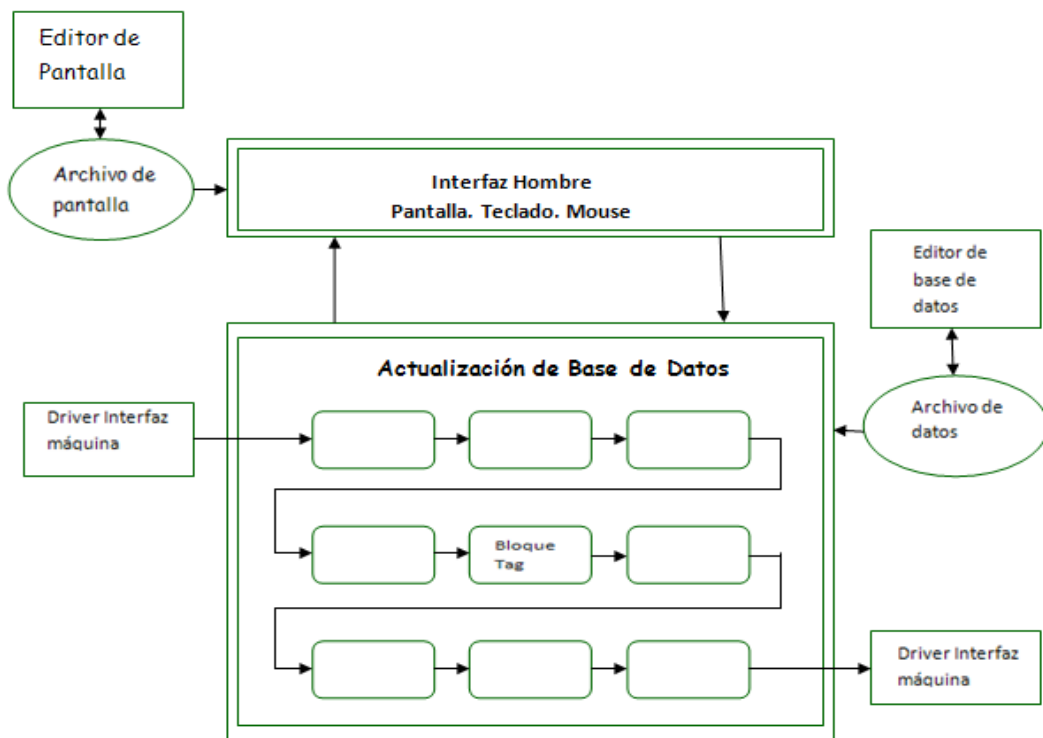


Figura 1.11: Estructura de un HMI

^[47] Carlos René Ochoa Yuman (Universidad de San Carlos Guatemala)

Todo software HMI está formado por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema

Con los programas de diseño, como el editor de pantallas, se crean moldes de pantalla para visualizar los datos del proceso^[48].

Interfaz Hombre.- Es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse. Este programa realiza la interfaz entre la base de datos y el hombre.

Base de datos.- Es un lugar de la memoria de la computadora donde se almacenan los datos recolectados y requeridos por el proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos del proceso, por esta razón se denomina “base de datos dinámica”;

Driver: La conexión entre bloque de la base de datos y las señales del proceso se realiza por medio de drivers, estos manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.

Bloques (tags): Al agregar o modificar las características de cada bloque se utiliza el editor de la base de datos.

Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y enviar información hacia los drivers u otros bloques.

^[48]Introducción a HMI (Interfaz Hombre Maquina)

Las funciones principales de los bloques son:

- Recibir datos de otros bloques o al driver.
- Enviar datos a otros bloques o al driver.
- Establecer enlaces a la pantalla.
- Realizar cálculos de acuerdo a instrucciones del bloque.
- Comparar los valores con umbrales de alarmas.
- Escalar los datos del driver a unidades de ingeniería.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

2.1 INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se realiza la descripción técnica de los sensores y el datalogger, que permiten obtener los valores de las variables físicas que conforman la estación meteorológica y posteriormente se detallará el proceso de limpieza y calibración de los sensores la cual se realizó en el INAMHI, ya que este Instituto es el que establece las normas y patrones de calibración para sensores utilizados en estaciones meteorológicas en el Ecuador.

Se incluye además la estructura del sistema, mediante el análisis de las diferentes etapas que lo conforman, así como también se presentan los distintos diagramas de conexión que fue necesario realizar para la implementación física del sistema.

Se describe el diseño del sistema de HMI, el cual monitorea en tiempo real cada una de las variables meteorológicas y sustituye la recolección manual de datos de la estación meteorológica.

Finalmente se detalla cómo se realizó el diseño de la página web para la publicación de los datos meteorológicos recopilados por la estación meteorológica Querochaca.

2.2 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES FÍSICAS.

Las variables físicas que intervienen en el sistema de monitoreo de la estación meteorológica son detalladas en la tabla 2.1 con su respectivo sensor:

Tabla 2.1 Variables físicas captadas por la estación meteorológica.

| VARIABLE FÍSICA | SENSOR |
|---------------------------------|----------------|
| Temperatura y Humedad Relativa | HMP45C VAISALA |
| Cantidad de Lluvia | CS700-L |
| Dirección y Velocidad de Viento | 05103 RM YOUNG |
| Temperatura del suelo | Sonda 107 |
| Radiación Solar | CS300 |

Tabla 2.2 Detalle de sensores de estación meteorológica.

| SENSOR | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------|--|
| HMP45C VAISALA | Sensor de Temperatura y Humedad Relativa. Unidades para temperatura del aire: °C, °F, °K Unidades para humedad relativa: % |
| CS700-L | Pluviómetro con cuchara de vuelco. Unidad para cantidad de lluvia: (pulgadas o milímetros) cúbicos |
| 05103 RM YOUNG | Monitor de velocidad y dirección de viento. Unidades para velocidad de viento: millas/hora, metros/segundo, kilómetros/hora, nudos. Unidades para dirección de viento: grados. |
| Sonda 107 | Sensor de temperatura. Unidades para temperatura: °C, °F, °K |
| CS300 | Medidor de radiación solar Unidades de densidad de flujo: KW/m ² , W/m ² , cal/cm ² /min Unidades de flujo total: MJ/m ² , kJ/m ² , cal/cm ² |

2.2.1 TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA.

2.2.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA “HMP45C VAISALA”^[49].

Descripción General.

La sonda HMP45C de temperatura y humedad relativa contiene un termistor para la medición de la temperatura y un chip Vaisala con polímetro capacitivo tipo H para la medición de la humedad relativa.

Características físicas y técnicas del “HMP45C VAISALA”.

Tabla 2.3 Características físicas y técnicas de sonda de Temperatura y Humedad Relativa.

| Generales |
|--|
| Temperatura de funcionamiento: -35 ° a +60 ° C |
| Temperatura de almacenamiento: -40 ° a +80 ° C |
| Longitud de la sonda: 25,4 cm (10 pulgadas) |
| Diámetro del cuerpo de la sonda: 2,5 cm (1 pulgada) |
| Filtro: membrana de teflón de 0,2 mm |
| Diámetro del filtro: 1,9 cm (0,75 pulgadas) |
| Consumo de energía: <4 mA |
| Tensión de alimentación (a través de circuitos de conmutación): de 7 a 35 Vcc |
| Tiempo de restablecimiento tras el encendido: 0,15 segundos |

^[49] MODEL HMP45C TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY PROBE.

Especificaciones técnicas del sensor de temperatura.

Tabla 2.4 Especificaciones técnicas de sensor de temperatura.

| Temperatura |
|---|
| Sensor: Termistor (100 kW a 25 °C) |
| Rango de temperatura de medición: -35 °C a +55 °C |
| Error del termistor Intercambiabilidad: Por lo general $<\pm 0,2$ °C por encima de 0 °C a 60 °C, $\pm 0,4$ °C @ -35 °C |
| Error de linealización polinomial: $< \pm 0,5$ °C por encima de -35 °C a +50 °C |

Especificaciones técnicas del sensor de humedad relativa.

Tabla 2.5 Especificaciones técnicas de sensor de humedad relativa.

| Humedad Relativa |
|--|
| Sensor: chip con polímetro capacitivo tipo H marca Vaisala |
| Rango de medición para Humedad Relativa: de 0 a 100% sin condensación |
| Rango de señal de salida RH: 0,002 a 1 Vcc |
| Precisión a 20 °C: $\pm 2\%$ de humedad relativa (0 a 90% de humedad relativa) $\pm 3\%$ de humedad relativa (90 a 100% de humedad relativa) |
| Incidencia de la temperatura en la medición de la humedad relativa del aire: $\pm 0,04\%HR/^{\circ}C$ |
| Estabilidad típica a largo plazo: mejor que 1% RH por año |
| Tiempo de respuesta (a 20 ° C, 90% de respuesta al cambio brusco de humedad): 15 segundos con filtro de membrana |

Instalación.

El sensor de temperatura y humedad relativa “HMP45C” debe ser alojado dentro de un blindaje de radiación solar cuando se utiliza en el campo. El protector de radiación para el sensor se muestra en la (Figura 2.1), este

se monta en un trípode o una torre, otra forma de montar el sensor es con la ayuda de un brazo de montaje anexándolo a la torre que se puede ver en la (Figura 2.2).

La longitud del cable puede ser de 6 pies para permitir que el sensor HMP45C pueda ser montado a una altura de 2 metros del piso sobre un trípode. También se puede utilizar una longitud de cable de 9 pies para montar el sensor en una torre.

El recubrimiento exterior del cable es de caucho Santoprene ®. Este compuesto fue elegido por su resistencia a la temperatura, humedad y degradación por rayos UV, este recubrimiento puede soportar la combustión. Está clasificado como de combustión lenta.

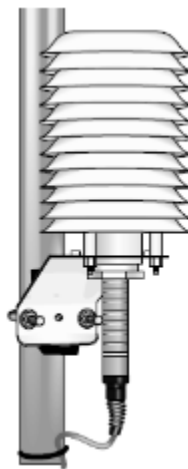


FIGURA 2.1: Sensor HMP45C con protector de radiación para trípode o torre.^[50]

^[50]MODEL HMP45C TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY PROBE.

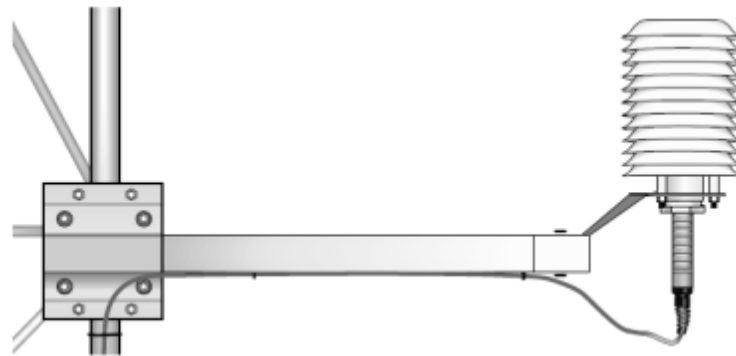


FIGURA 2.2: Sensor HMP45C montado en torre mediante brazo.^[51]

Detalle de hilos de la sonda HMP45C.

Los distintos hilos del sensor deben ser cableados a los diferentes canales que posee el datalogger CR10X, los hilos del sensor son detallados en la tabla 2.6:

TABLA 2.6 Descripción de hilos y conexión del sensor del hacia el datalogger.

| Hilos del sensor HMP45C. | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|
| Color | Descripción | CR10X |
| Naranja | Temperatura | Terminal de una entrada |
| Verde | Humedad Relativa | Terminal de una entrada |
| Blanca | Señal de referencia para Temperatura | AG |
| Negro | Excitación de temperatura | Canal de excitación |
| Amarillo | Control de energía | Control de puerto |
| Rojo | Energía | 12 V |
| Purpura | Señal HR, energía y control de referencia | AG |
| Transparente | Blindaje | G |

^[51] MODEL HMP45C TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY PROBE.

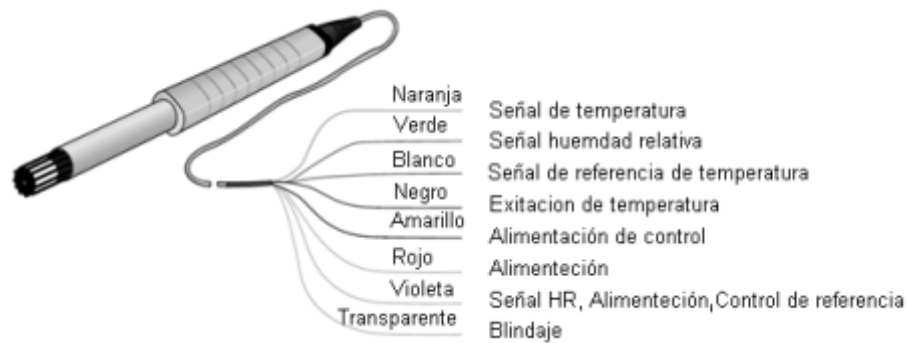


FIGURA 2.3: Sonda HMP45C, cables para conexiones hacia el Datalogger^[52]

LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN.

Una vez investigado las características e información técnica del sensor de temperatura y humedad relativa, se procede a realizar una limpieza para posteriormente realizar la verificación de su estado, sometiéndolo al banco de pruebas y obtener el certificado de calibración emitido por el INAMHI.

a) LIMPIEZA.

El sensor de temperatura y humedad relativa, al igual que toda la estación meteorológica se encuentra a la intemperie por lo que está propenso a recolectar cualquier tipo de suciedad en su parte exterior y hay que tener en cuenta que la estación meteorológica soportó la caída de ceniza volcánica proveniente del volcán Tungurahua, por lo que era imprescindible la limpieza.

El sensor de temperatura y humedad relativa, por la falta de mantenimiento preventivo se encontró deteriorado, encontrándose con polvo y moho adherido a su superficie exterior. (Figura 2.4) (Figura 2.5).

^[52] MODEL HMP45C TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY PROBE.

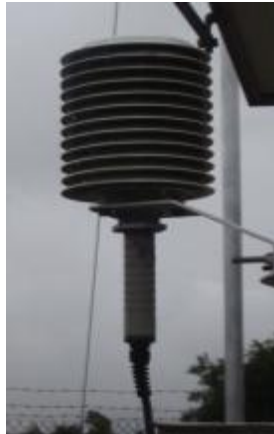


Figura 2.4: Sensor HMP45C VAISALA.

Para poder realizar la limpieza del sensor se tiene que:

- Desmontar todo el conjunto del sensor de la estación meteorológica.
- La sonda que contiene el sensor de temperatura y humedad relativa es desmontable desenroscándolo del protector de radiación solar.
- Al protector de radiación solar, se le realizó una limpieza en seco para poder eliminar todo el moho, polvo y posteriormente una limpieza en húmedo con agua para retirar algún contaminante que haya permanecido después de la limpieza en seco.
- A la sonda se le realizó una limpieza únicamente con un flujo de aire, ya que este elemento es muy sensible y cualquier contacto físico o algún elemento líquido puede causar un daño irreparable al sensor ,para lo cual se retira el protector superior (malla protectora) para aplicar el flujo de aire a los sensores.

b) MANTENIMIENTO

- Verificar que el extremo del cable del sensor se encuentre con todos los hilos. Se recomienda que cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.

- Asegurarse que todo el cable se encuentre en buenas condiciones.



Figura 2.5: Protector de radiación previo a la limpieza.



Figura 2.6: Sonda de Temperatura y Humedad Relativa previo a la limpieza.



Figura 2.7: Protector y Sensor de Temperatura y Humedad Relativa limpio.

c) CALIBRACIÓN.

Por la falta de mantenimiento de la estación meteorológica por casi 10 años, la integridad funcional del sensor de temperatura y humedad relativa está con dudas en su operación comprometiendo la veracidad de sus medidas, por lo que, se procedió someterlo a calibración.

Para realizar la calibración del sensor HMP45C VAISALA que comprende un sensor de temperatura y un sensor de humedad relativa, se lo realiza por separado, para cada una de las variables físicas.

CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA.

Equipos utilizados:

- Banco de pruebas Thunder Scientific 2500.
- Sensor patrón Fluke 5626.
- Sensor a prueba Vaisala HMP45C
- Datalogger CR10X

Procedimiento previo a la calibración:

Manipulación, almacenamiento y transporte del sensor

El sensor no debe ser expuesto a ambientes diferentes a la composición normal del aire. Este tipo de sensores absorben los químicos del ambiente y esto afecta su correcto funcionamiento. Por esta razón los sensores deben ser almacenados y transportados en fundas con cierre hermético.

Verificación de la marca de identificación.

El sensor Vaisala HMP45C tiene una marca de identificación única. La marca utilizada es el número de serie. El número de serie está colocado en el cuerpo del sensor. Figura 2.8.



Figura 2.8: Ubicación del serial del sensor Vaisala HMP45C.

Preparación del sensor

Previo a la calibración el sensor pasó por un proceso de limpieza y mantenimiento, por lo que se debe verificar que:

- El filtro del sensor esté completamente limpio.
- El extremo del cable se encuentre con todos los hilos que conforman el sensor, de ser posible cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.
- El cable debe estar en buenas condiciones.

Configuración del datalogger.

El datalogger debe ser configurado antes de iniciar el proceso de calibración. La configuración consiste en:

- Realizar la programación necesaria para la utilización del sensor con el datalogger.
- Colocar un tiempo de muestreo de 10 seg.
- Establecer un tiempo de recolección de muestras de 30 seg.
- Conectar el sensor en el datalogger.

Configuración del banco de pruebas Thunder Scientific 2500

Colocar el sensor patrón en el centro de la cámara del banco de pruebas Thunder Scientific 2500. El sensor Vaisala HMP45C debe ser colocado junto al sensor patrón como se indica en la figura 2.9. Se procede a sellar la cámara para iniciar el proceso de calibración.

Desarrollo del procedimiento de calibración.

Para proceder a la calibración del sensor de temperatura, se lo realiza introduciendo valores (Set point) en el banco de pruebas equidistantes que abarquen todo el rango de medición del sensor (Tabla 2.7). El banco de prueba debe tener un tiempo de estabilización de 2 horas entre valores, garantizando que la cámara de prueba llegue al punto de consigna deseado. Todos los valores en el banco de pruebas son generados con una humedad relativa (RH) del 50% constante.

Realizando este proceso se logra obtener valores en el sensor patrón y en el sensor a prueba para logra cotejar la información y saber si el sensor necesita añadir coeficientes de calibración en el datalogger para realizar mediciones confiables.

Tabla 2.7 Calibración del sensor de temperatura.

| RH (%) | SET POINT (°C) | PATRÓN (°C) | SENSOR (°C) |
|---------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| 50 | 35 | 34,748 | 34,523 |
| 50 | 30 | 29,898 | 29,799 |
| 50 | 20 | 20,120 | 20,254 |
| 50 | 10 | 10,218 | 10,408 |

CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA.

Equipos utilizados:

- Banco de pruebas Thunder Scientific 2500.
- Sensor patrón RH Systems.
- Sensor a prueba Vaisala HMP45C.
- Datalogger CR10X.

Procedimiento previo a la calibración:

Estos procedimientos son los mismos citados anteriormente para la calibración del sensor de temperatura ya que el sensor Vaisala HMP45C abarca las dos variables (Temperatura y Humedad relativa).

Desarrollo del procedimiento de calibración.

Para proceder a la calibración del sensor de humedad relativa se lo realiza introduciendo valores (Set point) en el banco de pruebas equidistantes que abarquen todo el rango de medición del sensor (Tabla 2.8). El banco de prueba debe tener un tiempo de estabilización de 2 horas entre valores garantizando que la cámara de prueba llegue al punto de consigna deseado. Todos los valores en el banco de pruebas son generados con una temperatura (TEMP) de 25°C constante.

Hay que tener en cuenta que en los sensores de humedad relativa, la histéresis puede inducir errores significativos. Debido a esto no es conveniente realizar la calibración generando los puntos solo en orden ascendente o descendente. Por esta razón los tres primeros puntos de la Tabla 2.8 se generaron en orden ascendente y los dos siguientes en orden descendente.

Realizando este proceso se logra obtener valores en el sensor patrón y en el sensor a prueba para logra cotejar la información y saber si el sensor necesita añadir coeficientes de calibración en el datalogger para realizar mediciones confiables.

Tabla 2.8 Calibración del sensor de humedad relativa.

| TEMP (°C) | SET POINT (%) | PATRÓN (%) | SENSOR (°C) |
|--------------|------------------|---------------|----------------|
| 25 | 15 | 14,93 | 14,943 |
| 25 | 30 | 29,94 | 29,986 |
| 25 | 45 | 44,85 | 45,164 |
| 25 | 60 | 59,88 | 60,157 |
| 25 | 80 | 79,89 | 79,720 |

Por los valores que se pueden observar en las tablas 2.7 y 2.8 se puede concluir que las lecturas que proporciona el sensor VAISALA HMP45C son fiables, el sensor VAISALA HMP45C se encuentra en tolerancia. Por lo que el INAMHI proporciona un certificado de calibración para el sensor, se adjunta una copia en anexo D.



Figura 2.9 Banco de pruebas Thunder Scientific 2500.



Figura 2.10: Sonda HMP45C VAISALA con sensores patrón de temperatura y humedad relativa en el interior del banco de calibración.

2.2.2 CANTIDAD DE PRECIPITACIÓN.

2.2.2.1 SENSOR DE PRECIPITACIÓN “CS700”^[53].

Descripción General.

El Pluviómetro CS700 es un medidor lluvia basculante, fabricado por Hidrológic Services Pty. Ltd. Modificado para uso con registradores de datos de Campbell Scientific (Figura 2.11). Atrapa la lluvia en el embudo de recogida de 7,87 pulgadas (200 mm). Cuando 0,01 pulgadas de lluvia se recoge, la balanza realiza una deflexión y activa el interruptor de lámina. El cierre del interruptor es registrado por el datalogger. Después de flexionar la balanza, el agua sale del pluviómetro por la base que contiene una malla de descarga.

^[53]CS700 Tipping Bucket Rain Gage and CS700H Heated Rain Gage.



Figura 2.11: Pluviómetro CS700.

Características físicas y técnicas de “Pluviómetro CS700”.

Tabla 2.9 Características físicas y técnicas de Pluviómetro.

| Pluviómetro |
|---|
| Diámetro del embudo de recogida: 7,87 pulgadas (200 mm) |
| Rango de medición: de 0 a 27,6 pulg/h (0 a 700 mm/h) |
| Precisión: más del 2% @ 19,7 pulg/h (50 mm/h) |
| Resolución: 0,01 pulgadas (0,254 mm) |
| Rango de temperatura CS700: 0° a +70° C |
| Humedad: 0 a 100% |
| Contacto: Interruptor doble de lámina |
| Peso: 7,4 libras (3,4 kg) |
| Cable de señal: 25 pies |
| Dimensiones: Altura: 13,5 en (342 mm) Diámetro: 9,6 en (244 mm) |

Instalación.

a) Ubicación.

El CS700 se debe montar en un lugar relativamente plano, el área donde se instalará deberá ser representativa con respecto a los alrededores. La superficie del suelo alrededor del pluviómetro debe

ser vegetación natural o grava. El medidor no debe ser instalado sobre una superficie pavimentada o de concreto.

Para realizar medidas exactas, el CS700 debe colocarse lejos de objetos que obstruyan el viento. La distancia mínima debería ser de al menos 2 a 4 veces la altura de la obstrucción.

b) Montaje.

El CS700 está diseñado para montarse sobre una superficie plana. Consta de almohadillas de montaje equidistantes. Las almohadillas de montaje están previamente perforadas para tres pernos (M8) para ayudar al montaje del pluviómetro.

El soporte llamado CM240 (ver Figura 2.12) ayuda a nivelar el pluviómetro, lo que garantiza una medición más precisa.

El pluviómetro debe ser instalado suficientemente alto como para estar por encima del promedio de profundidad de la nieve (en lugares que exista riesgo de nevadas). El tubo de soporte se puede colocar directamente en una base de hormigón (Figura 2.13), o conectado a una base de hormigón con pernos en forma de J o un trípode.



Figura 2.12: Soporte de montaje CM240.^[54]

^[54]CS700 Tipping Bucket Rain Gage and CS700H Heated Rain Gage.

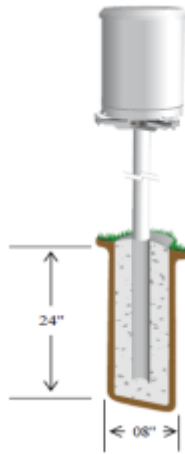


Figura 2.13: Instalación típica del pluviómetro.^[59]

c) Nivelación

Indispensablemente hay que nivelar el pluviómetro después de montar el mismo. Una vez que esté colocado el pluviómetro, se debe retirar el conjunto protector aflojando los tres tornillos de la base y levantando el protector hacia arriba para separar el conjunto protector de la base. Se debe ajustar los tres tornillos del soporte CM240 para nivelar el pluviómetro. Un indicador de nivel está montado sobre la base del pluviómetro el que facilita la nivelación (Figura 2.14).

Es necesario realizar varias pruebas para verificar que el mecanismo de la balanza se mueva libremente. Se vuelve a colocar el conjunto de protección y procurando el ajuste de los tres tornillos de la base para fijar nuevamente el conjunto protector.



Figura 2.14 Pluviómetro CS700.

Detalle de hilos del Pluviómetro CS700.

El CS700 es típicamente conectado al canal de impulso de un registrador de datos (tabla 2.10).

Tabla 2.10 Conexiones del sensor hacia el registrador de datos.

| CS700 Cableado | | |
|----------------|------------------|-----------------|
| Color | Descripción | CR10X |
| Negro | Señal | Canal de Pulsos |
| Blanco | Señal de retorno | G |
| Transparente | Blindaje | G |

La longitud de los cables del pluviómetro adquiere una capacitancia considerable entre líneas. Una descarga acumulada puede provocar un arco eléctrico cuando el interruptor se cierra al realizar una basculación y acortar la vida útil del interruptor. Por lo que existe una resistencia de 100 ohmios, que está conectada en serie con el interruptor para eliminar el arco en los terminales limitando la corriente (Figura 2.15). Esta resistencia está instalada en todos los pluviómetros Campbell Scientific.

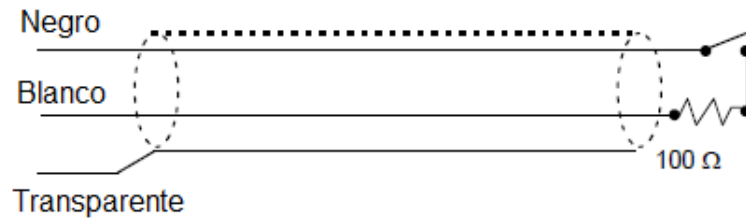


Figura 2.15: Esquema de Pluviómetro CS700.

LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN.

a) LIMPIEZA.

- Para proceder a limpiar el pluviómetro, se debe desmontar todo el conjunto de protección, para poder tener acceso al mecanismo de balanza, orificios de drenaje y poder desmontar el embudo de recolección.
- En el embudo de recolección se encuentra un filtro de recolección el cual está compuesto por una malla la cual impide el paso de cualquier elemento sólido al interior del pluviómetro, a esta malla se la limpia completamente ya que sus orificios se encontraron obstruidos por polvo endurecido e insectos, dejándola completamente libre de suciedad, para que no tenga ninguna pérdida en el caudal de recolección.
- En la base del pluviómetro se encuentra dos orificios de drenaje que permiten la expulsión de agua al exterior del pluviómetro después de que la balanza actúe, por lo que se realizó una limpieza de toda la base del pluviómetro incluyendo las mallas que encuentran en los orificios de drenaje ya que se encontraban obstruidas con polvo endurecido y telarañas.
- A continuación se debe limpiar todo el conjunto del mecanismo con cuidado para no desbalancear o doblar cualquier parte, el

asiento de las balanzas se encontraron con polvo por lo que se procede a limpiarlo.

- Por último se realizó una limpieza de todo el exterior del conjunto de protección.

b) MANTENIMIENTO

- Verificar que el extremo del cable del sensor se encuentre con todos los hilos. Se recomienda que cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.
- Asegurarse que todo el cable se encuentre en buenas condiciones.



Figura 2.16: Estado en que se encontró el pluviómetro.



Figura 2.17: Estado en que se encontró el pluviómetro.



Figura 2.18: Pluviómetro limpio.

c) CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE LLUVIA.

Para poder calibrar el pluviómetro el INAMHI permitió el uso del kit de calibración pluviométrico de campo, el que consiste de una manga para agua, boquillas y un trípode de apoyo. (Figura 2.19).



Figura 2.19: Kit de calibración de campo de Pluviómetros.

Equipos utilizados:

- Kit de calibración pluviométrico de campo FCO-653.
- Sensor a prueba CS700-L.

- Datalogger CR10X

Procedimiento previo a la calibración:

Manipulación, almacenamiento y transporte del sensor

El sensor debe ser manipulado con precaución al momento de abrirlo para no causar algún daño en el sistema de balanza. Él debe ser almacenado y transportado completamente armado y en forma vertical.

Verificación de la marca de identificación.

El sensor CS700-L tiene una marca de identificación única. La marca es el número de serie. El número de serie está colocado en la base en el interior del pluviómetro. Figura 2.20.



Figura 2.20: Ubicación del serial del sensor CS700-L.

Preparación del sensor

Colocar el sensor en una superficie plana para asegurarse de que el sensor esté completamente nivelado, si el sensor no está

completamente nivelado con la ayuda del indicador de nivel, nivelar el pluviómetro.

Antes de realizar la calibración el sensor pasó por un proceso de limpieza y mantenimiento. Por lo que se debe verificar que:

- El filtro de recolección, orificios de drenaje y el sistema de balanza del sensor esté completamente limpio.
- El extremo del cable se encuentre con todos los hilos que conforman el sensor, de ser posible cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.
- El cable debe estar en buenas condiciones.

Configuración del datalogger.

El datalogger debe ser configurado antes de iniciar el proceso de calibración. La configuración consiste en:

- Realizar la programación necesaria para la utilización del sensor con el datalogger.
- Colocar un tiempo de muestreo de 10 seg.
- Establecer un tiempo de recolección de muestras de 30 seg.
- Conectar el sensor en el datalogger.

Ensamblaje del kit de calibración pluviométrico de campo.

Antes de realizar la calibración se debe ensamblar el kit de calibración pluviométrico de campo. A continuación se detalla los pasos que se debe seguir para el montaje:

- Montar el trípode en el parte superior del embudo recolector.
- Seleccionar la boquilla adecuada para el sensor.
- Cerrar la válvula de descarga del dispensador.
- Llenar el dispensador de agua destilada (el agua destilada tiene una densidad conocida y constante de 1g/cm^3).
- Acoplar la boquilla al dispensador de agua.

- Colocar el dispensador con la boquilla en el trípode.

Una vez ensamblado el kit de calibración (Figura 2.21) está listo para iniciar el proceso de calibración.

Desarrollo del procedimiento de calibración.

Para proceder a la calibración del sensor de lluvia se debe abrir la válvula de descarga del dispensador para que comience la descarga de agua hacia el sensor, como el sensor trabaja mediante un sistema de balanza se deben contar cuantas veces funcionó la balanza del pluviómetro y ver cuántos mm de agua registró el datalogger hasta que se descargue todo el agua contenida en el dispensador.

Este procedimiento se lo puede realizar tres veces para confirmar los datos que proporciona el pluviómetro. Los datos recolectados por el datalogger se detallan en la tabla 2.11.

Tabla 2.11 Calibración del pluviómetro.

| PRUEBA # | REFERENCIA (mm) | NÚMERO DE BALANCEOS | SENSOR (mm) |
|----------|-----------------|---------------------|-------------|
| 1 | 20,5 | 81 | 20,25 |
| 2 | 20,5 | 81 | 20,25 |
| 3 | 20,5 | 81 | 20,25 |

Por los valores que se pueden observar en la tabla 2.11 se puede concluir que las lecturas que proporciona el pluviómetro son fiables, el pluviómetro se encuentra en tolerancia. Por lo que el INAMHI proporciona un certificado de calibración para el mismo que se adjunta en anexo D.



Figura 2.21 Pluviómetro sometido a calibración.

2.2.3 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.

2.2.3.1 MONITOR DE DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO “05103 RM YOUNG”^[55].

Descripción General.

El monitor de viento 05103 RM YOUNG es utilizado para mediciones de velocidad horizontal del viento y dirección del viento. La velocidad del viento se mide con una hélice en forma helicoidal de cuatro aspas. La rotación de la hélice produce una señal de onda sinusoidal de CA con frecuencia proporcional a la velocidad del viento.

La posición de la veleta es transmitida por un potenciómetro de 10Kohmios. Se aplica una tensión de excitación al potenciómetro y la tensión de salida es proporcional a la dirección del viento.

^[55] 05103,05103-45, 05106, and 05305 R.M. Young Wind Monitors

Características físicas y técnicas del “05103 RM YOUNG”.

Tabla 2.12 Características físicas y técnicas del “05103 RM YOUNG”.0

| Generales |
|---|
| Alimentación: Tensión conmutada, suministrada por el datalogger. |
| Temperatura de funcionamiento: -50°a +50°C, suponiendo no bordee las condiciones |
| Dimensiones generales: 14,6"x 21,7" (37 cm x 55 cm) |
| Diámetro de la carcasa principal: 2,0" (5 cm) |
| Diámetro de la Hélice: 7,1" (18 cm) |
| Peso: 3,2 libras (1,5 kg) |

Especificaciones técnicas del sensor de Velocidad del viento.

Tabla 2.13 Especificaciones técnicas de sensor de Velocidad de viento.

| Velocidad del Viento |
|--|
| Rango: 0 - 224 mph (0-100 m s ⁻¹) |
| Precisión: ±0,6 mph (±0,3 m s ⁻¹) o 1% de la lectura |
| Umbral de inicio: 2,2 mph (1,0 m s ⁻¹) |
| Distancia constante (63% de recuperación): 8,9 ft (2,7 m) |
| Resolución: (0,2192 mph) / (velocidad de barrido en segundos) (0,0980 m s ⁻¹) / (velocidad de barrido en segundos) |
| Salida: Voltaje AC (3 pulsos por revolución). 1800 rpm (90Hz) = 19,7 mph (8,8 m s ⁻¹) |

Especificaciones técnicas del sensor de Dirección del viento.

Tabla 2.14 Especificaciones técnicas de sensor de Dirección del viento.

| Dirección del Viento |
|--|
| Rango: 0 - 360°mecánico, 355°eléctrico (5°abierto) |
| Precisión: $\pm 3^\circ$ |
| Umbral de inicio en 10° de desplazamiento: 2,4 mph(1,1 m s ⁻¹) |
| Distancia de retardo (50% recuperado): 4,3 pies (1,3 m) |
| Coefficiente de amortiguamiento: 0,3 |
| Amortiguamiento natural de onda: 24,3 pies (7,4 m) |
| Des amortiguamiento natural de onda: 23,6 pies (7,2 m) |
| Salida: Voltaje analógico DC del potenciómetro – resistencia 10K Ω , linealidad 0,25%, expectativa de vida 50 millones de revoluciones |

Instalación.

a) Ubicación.

Se debe ubicar el monitor de viento 05103 RM YOUNG lejos de obstrucciones (por ejemplo árboles, edificios). Si existe cualquier tipo de obstrucción que impida la libre circulación del viento, debe haber una distancia horizontal de por lo menos diez veces la altura de la obstrucción entre el monitor de viento y el obstáculo. Si el sensor debe ser montados sobre un techo, la altura de montaje del sensor debe estar por encima del techo, al menos 1,5 veces la altura de la edificación.

b) Ensamblaje y Montaje.

Se debe instalar la hélice a su eje con la tuerca provista en el sensor.

El Monitor de Viento debe ser asegurado al tubo de montaje mediante dos abrazaderas y un anillo de seguridad propios del monitor, para el montaje se utiliza un brazo cruzado que debe estar completamente nivelado para proceder a asegurar el riel a un extremo, una vez asegurado el riel se debe introducir el tubo de montaje en el riel y asegurarlo mediante los tornillos del riel. Este tipo de instalación del monitor de viento se observa en la (Figura 2.22).

Existe otro modo de instalación del Monitor de Viento, mediante un kit de montaje de ángulo recto, se inicia con el monitor de viento ya acoplado al tubo de montaje y con el brazo cruzado completamente balanceado. Se continúa con el ángulo recto que está provisto con dos tornillos en forma de U cada uno de ellos en sus extremos, un lado del ángulo recto debe ser asegurado mediante uno de los tornillos en forma de U al extremo del brazo cruzado y en el otro lado del ángulo recto se introduce el tubo de montaje junto al monitor de viento, se debe asegurar que los tornillos en forma de U estén completamente ajustados. Este tipo de instalación del monitor de viento se lo observa en la figura 2.23 y en la figura 2.24.

Hay que tener muy en cuenta que el Monitor de Viento debe estar orientado Norte-Sur, mediante una brújula. La caja de conexión debe estar asegurada hacia el sur con la ayuda de las dos abrazaderas provistas en el monitor de viento. Se tiene que considerar que el cable del monitor de viento debe estar asegurado a la estructura mediante correas sujetadoras de cables para que el monitor de viento tenga una completa libertad de movimiento.

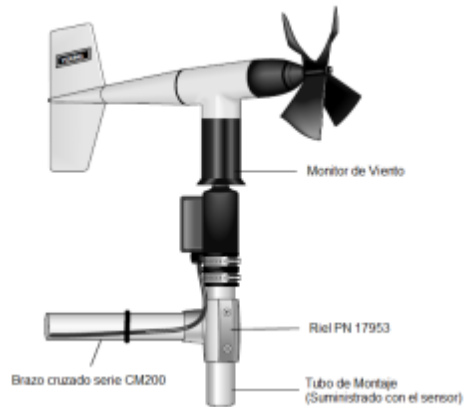


Figura 2.22: Monitor de Viento montado a un brazo cruzado serie CM200 mediante un Riel PN17953.^[56]



Figura 2.23: Monitor de Viento montado a un brazo cruzado serie CM200, Con kit de montaje de ángulo recto CM200.^[62]

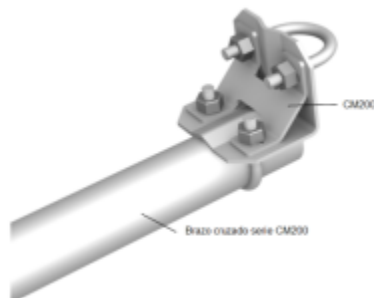


Figura 2.24: CM220 kit de montaje de ángulo recto CM200 para un brazo cruzado.^[57]

^[56] 05103,05103-45, 05106, and 05305 R.M. Young Wind Monitors

Detalle de hilos del “05103 RM YOUNG”.

Las conexiones hacia el datalogger de Campbell Scientific se proporcionan en la tabla 2.15. El datalogger debe recibir cada una de las señales de los hilos del monitor de viento en los canales específicos que se programe el datalogger.

Tabla 2.15 Conexiones del sensor hacia el registrador de datos.

| Conexiones hacia el datalogger. | | |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------|
| Color | Descripción | CR10X |
| Rojo | Señal de velocidad del viento | Pulso |
| Negro | Referencia de velocidad del viento | G |
| Verde | Señal de dirección del viento | SE analógica |
| Azul | Excitación de dirección del viento | Excitación |
| Blanco | Referencia de dirección del viento | AG |
| Transparente | Blindaje de alambre | G |

LIMPIEZA, MATENIMIENTO Y CALIBRACIÓN.

a) LIMPIEZA.

El monitor de viento 05103 RM YOUNG, por su diseño y forma presenta muy poca suciedad. Por lo que para iniciar la limpieza del monitor de viento se procede a desmontarlo del tubo de montaje aflojando los tornillos de sujeción del Riel PN 17953.

Estando el monitor de viento 05103 RM YOUNG desmontado, se limpia toda su carcasa exterior con un paño húmedo.

[57] 05103,05103-45, 05106, and 05305 R.M. Young Wind Monitors



Figura 2.25: Estado en el que se encontró el monitor de viento 05103 RM YOUNG.



Figura 2.26: Monitor de viento 05103 RM YOUNG limpio.

b) MATENIMIENTO.

- Verificar que el extremo del cable del sensor se encuentre con todos los hilos. Se recomienda que cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.
- Asegurarse que todo el cable se encuentre en buenas condiciones.

c) CALIBRACIÓN.

Para realizar la calibración del monitor de viento 05103 RM YOUNG que comprende un sensor para la velocidad del viento y un sensor para la dirección del viento. Se lo realiza por separado para cada una de las variables físicas.

CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO.

Equipos utilizados:

- Calibrador Young 18811.
- Sensor a prueba anemómetro 05103-5RM
- Datalogger CR10X

Procedimiento previo a la calibración:

Manipulación, almacenamiento y transporte del sensor

El monitor de viento debe ser manipulado con cuidado para no dañar la hélice del anemómetro o forzar el sensor de la veleta. Se almacena y transporta con la hélice desmontada en un estuche protector.

Verificación de la marca de identificación.

El monitor de viento 05103 RM YOUNG tiene una marca de identificación única. La marca es el número de serie. El número de serie está colocado en la parte interior de la caja del monitor. Figura 2.27.



Figura 2.27: Ubicación del serial del monitor de viento 05103 RM YOUNG.

Preparación del sensor

Previo a la calibración el sensor pasó por un proceso de limpieza y mantenimiento, por lo que se debe verificar que:

- Los cojinetes de los sensores de velocidad y dirección del viento estén en buen estado.
- La hélice del anemómetro se encuentre bien montada y asegurada.
- El monitor de viento se encuentre en posición vertical.
- El extremo del cable se encuentre con todos los hilos que conforman el sensor, de ser posible cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.
- El cable debe estar en buenas condiciones.

Configuración del datalogger.

El datalogger debe ser configurado antes de iniciar el proceso de calibración. La configuración consiste en:

- Realizar la programación necesaria para la utilización del sensor con el datalogger.
- Colocar un tiempo de muestreo de 5 seg.

- Establecer un tiempo de recolección de muestras de 15 seg.
- Conectar el sensor en el datalogger.

Configuración del Calibrador Young 18811.

Se debe retirar la hélice del anemómetro para acoplar el calibrador Young al eje de la hélice como se observa en la figura 2.28.



Figura 2.28: Montaje del calibrador Young 18811 al monitor de viento 05103 RM YOUNG.

Desarrollo del procedimiento de calibración.

La calibración del sensor de velocidad del viento, se realiza introduciendo valores (Set point) en el calibrador Young para abarcar todo el rango de medición del sensor (Tabla 2.16). Todos los valores del calibrador son generados por un motor que está controlado por el calibrador.

Realizando este proceso se logra obtener mediciones del sensor a prueba y saber si el sensor necesita añadir coeficientes de calibración en el datalogger para realizar mediciones confiables.

Tabla 2.16 Calibración del anemómetro.

| CALIBRADOR (RPM) | REFERENCIA (m/seg) | SENSOR (m/seg) |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 20 | 0,098 | 0,094 |
| 40 | 0,196 | 0,196 |
| 60 | 2,94 | 2,94 |
| 80 | 0,392 | 0,312 |
| 100 | 0,490 | 0,440 |
| 120 | 0,588 | 0,588 |
| 140 | 0,686 | 0,686 |
| 200 | 0,980 | 0,980 |
| 250 | 1,225 | 1,230 |
| 300 | 1,470 | 1,470 |
| 350 | 1,715 | 1,715 |
| 400 | 1,960 | 1,960 |
| 450 | 2,205 | 2,210 |
| 500 | 2,450 | 2,452 |
| 550 | 2,695 | 2,695 |
| 600 | 2,940 | 2,940 |
| 650 | 3,185 | 3,190 |
| 700 | 3,430 | 3,435 |
| 750 | 3,675 | 3,680 |
| 800 | 3,920 | 3,425 |
| 850 | 4,165 | 4,170 |
| 900 | 4,410 | 4,415 |
| 950 | 4,655 | 4,660 |
| 990 | 4,851 | 4,856 |

CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO.

Equipos utilizados:

- Brújula.
- Graduador de 360°.
- Sensor a prueba veleta 05103-5RM.
- Datalogger CR10X.

Procedimiento previo a la calibración:

Estos procedimientos son los mismos citados anteriormente para la calibración del anemómetro ya que el monitor de viento 05103-5RM abarca las dos variables.

Desarrollo del procedimiento de calibración.

Para realizar la calibración de sensor de la veleta, primero se realiza la búsqueda del norte con la ayuda de la brújula, al tener localizado el norte se coloca el monitor de viento de tal forma que la punta señale el norte, con la ayuda del graduador como referencia se gira la veleta en los cuatro puntos cardinales en los cuales el monitor de viento entrega mediciones las que corresponden a los distintos grados en que se posicionó el sensor. (Tabla 2.17)

Tabla 2.17 Calibración del sensor de dirección del viento.

| DIRECCIÓN | REFERENCIA (°) | SENSOR (°) |
|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Norte | 360°- 0° | 359,4° – 0,25° |
| Este | 90° | 90,56° |
| Sur | 180° | 180,12° |
| Oeste | 270° | 270,37° |

Por los valores que se pueden observar en las tablas 2.16 y 2.17 se puede concluir que las mediciones que realiza el monitor de viento son fiables, el monitor de viento se encuentra en tolerancia. Por lo que el INAMHI proporciona un certificado de calibración para el sensor, se adjunta una copia en anexo D



Figura 2.29: Calibración del monitor de viento 05103 RM YOUNG.

2.2.4 TEMPERATURA DEL SUELO.

2.2.4.1 SONDA DE TEMPERATURA 107^[58].

Descripción General.

La sonda de temperatura 107 utiliza un termistor para medir la temperatura. La sonda está diseñada para realizar mediciones de temperatura del aire/suelo/agua. Para mediciones de temperatura del aire se debe utilizar un escudo contra la radiación solar para proteger la sonda 107 y limitarla carga de radiación solar. La sonda está diseñada también para ser enterrada o sumergida en agua a 50' (21 psi).

^[58] Model 107 Temperature Probe.

Especificaciones técnicas de la sonda de temperatura 107.

Tabla 2.18 Especificaciones técnicas de sonda de temperatura 107.

| Sonda de Temperatura 107 | |
|---|--|
| Sensor: | Termistor Beta Therm 100K 6A |
| Rango de medición de Temperatura: | -35° a +50° C |
| Error de Intercambiabilidad del termistor: | Por lo general $\pm 0,2^\circ$ C por encima de |
| Rango de supervivencia del termistor: | -50° C a +100° C |
| Polinomio para linealización del error: | $\pm 0,5^\circ$ C más de -35° C a +50° C (Solamente Datalogger Edlog) |
| Constante de tiempo en aire: | Entre 30 y 60 segundos en una velocidad del viento |
| Longitud del cable máxima: | 1000 pies |

Instalación.

La sonda de temperatura será utilizada para la medición de la temperatura del suelo, con lo cual se detalla la mejor manera para la instalación del sensor.

La sonda de temperatura 107 se coloca en un entierro superficial. Debe ser colocada horizontalmente a la profundidad deseada para propiciar la conducción térmica desde la superficie hasta el termistor. Se debe proteger al cable introduciéndolo en un conducto resistente, especialmente en lugares expuestos a cavar, cortar el césped, el tráfico, el uso de herramientas eléctricas o rayos.

Detalle de hilos de la sonda 107.

La conexión de la sonda 107 hacia un datalogger de Campbell Scientific se presenta en la Tabla 2.19. La temperatura se mide con un solo canal

de entrada y un canal de excitación de voltaje. Múltiples sondas 107 pueden ser conectadas al mismo canal de excitación (el número de sondas por canal de excitación está físicamente limitado por el número de hilos conductores que se puede insertar en un terminal de excitación, aproximadamente seis).

Tabla 2.19 Conexiones del sensor hacia el registrador de datos.

| Cableado de Sonda 107. | | |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Color | Descripción | CR10X |
| Negro | Voltaje de excitación | Excitación conmutada |
| Rojo | Señal de temperatura | Entrada única |
| Púrpura | Señal de tierra | AG |
| Transparente | Blindaje de alambre | G |

LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN.

a) LIMPIEZA.

La sonda de temperatura 107 no necesita de una limpieza minuciosa, ya que su propósito en la estación meteorológica es medir la temperatura del suelo y el termistor está recubierto por una vaina protectora. Lo que se debe realizar es la limpieza exterior de la vaina protectora.

b) MANTENIMIENTO

- Verificar que el extremo del cable del sensor se encuentre con todos los hilos. Se recomienda que cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.
- Asegurarse que todo el cable se encuentre en buenas condiciones.



Figura 2.30: Sonda de temperatura 107 limpia.

c) CALIBRACIÓN.

Equipos utilizados:

- Banco de pruebas Thunder Scientific 2500.
- Sensor patrón Fluke 5626.
- Sensor a prueba sonda 107.
- Datalogger CR10X.

Procedimiento previo a la calibración:

Manipulación, almacenamiento y transporte del sensor

El sensor solo debe ser manipulado, almacenado y transportado con precaución, cuidando la integridad de la vaina protectora.

Verificación de la marca de identificación.

La sonda 107 por ser utilizada para la medición de la temperatura del suelo ha perdido su serie, que por lo general se encuentra grabado en la vaina protectora. Figura 2.31.



Figura 2.31: Sonda de Temperatura 107 sin serial.

Preparación del sensor

Previo a la calibración el sensor pasó por un proceso de limpieza y mantenimiento. Por lo que se debe verificar que:

- La vaina protectora se encuentre en buen estado.
- El extremo del cable se encuentre con todos los hilos que conforman el sensor, de ser posible cada hilo debe estar con un terminal tipo “pin”.
- El cable debe estar en buenas condiciones.

Configuración del datalogger.

El datalogger debe ser configurado antes de iniciar el proceso de calibración. La configuración consiste en:

- Realizar la programación necesaria para la utilización del sensor con el datalogger.
- Colocar un tiempo de muestreo de 10 seg.
- Establecer un tiempo de recolección de muestras de 30 seg.
- Conectar el sensor en el datalogger.

Configuración del banco de pruebas Thunder Scientific 2500

Colocar el sensor patrón en el centro de la cámara del banco de pruebas Thunder Scientific 2500. El sensor 107 debe ser colocado junto al sensor patrón. Se procede a sellar la cámara para iniciar el proceso de calibración.

Desarrollo del procedimiento de calibración.

Para proceder a la calibración del sensor de temperatura, se introduce valores (Set point) en el banco de pruebas equidistantes que abarquen todo el rango de medición del sensor (Tabla 2.20). El banco de prueba debe tener un tiempo de estabilización de 2 horas entre valores, garantizando que la cámara de prueba llegue al punto de consigna deseado. Todos los valores en el banco de pruebas son generados con una humedad relativa (RH) del 50% constante.

Realizando este proceso se logra obtener mediciones del sensor patrón y del sensor a prueba para lograr cotejar la información y saber si el sensor necesita añadir coeficientes de calibración en el datalogger para realizar mediciones confiables.

Tabla 2.20 Calibración del sensor de temperatura.

| RH (%) | SET POINT (°C) | PATRÓN (°C) | SENSOR (°C) |
|-------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 50 | 40 | 39,988 | 40,07 |
| 50 | 30 | 29,860 | 29,95 |
| 50 | 20 | 20,020 | 19,99 |
| 50 | 10 | 10,008 | 10,06 |

Por los valores que se pueden observar en la tabla 2.20 se puede concluir que las mediciones que proporciona el sensor 107 son fiables, el sensor 107 se encuentra en tolerancia. Por lo que el INAMHI proporciona un certificado de calibración para el sensor, se adjunta una copia en anexo D.

2.2.5 RADIACIÓN SOLAR.

La estación meteorológica consta de un pirómetro marca LI-COR, el que se encuentra dañado (figura 2.32), su daño se comprobó en el INAMHI

sometiéndolo a pruebas de campo con otro pirómetro para cotejar las mediciones que entregan los dos pirómetros, en estas pruebas el pirómetro LI-COR entregó mediciones erradas de radiación incidente. Con lo que se confirma su avería.

Como la radiación solar es un fenómeno meteorológico muy relevante, se tomó la decisión de adquirir un nuevo pirómetro denominado “APOGEE CR300” con el cual se va a trabajar en la estación meteorológica.



Figura 2.32: Pirómetro LI-COR averiado.

2.2.5.1 PIRÓMETRO “APOGEE CR300”^[59].

Descripción General.

El CS300 mide la radiación solar incidente con un sensor fotovoltaico de silicio montado en su cabeza. La salida del sensor es una corriente que se convierte en tensión por medio de un potenciómetro encapsulado en la cabeza del sensor.

El CS300 es calibrado con luz natural del sol para medir con precisión la radiación solar. El CS300 no se debe utilizar bajo la vegetación o luces artificiales.

^[59] CS300 Pyranometer, INSTRUCTION MANUAL

Durante la noche el CS300 puede registrar valores negativos de radiación solar. Esta señal negativa es causada por el ruido de RF que pasa por el fotodiodo.

Especificaciones técnicas del Pirómetro “APOGEE CR300”.

Tabla 2.21. Especificaciones técnicas del Pirómetro “APOGEE CR300”.

| Pirómetro “APOGEE CR300” |
|---|
| Requisitos de alimentación: Ninguno, sin corriente |
| Precisión absoluta: $\pm 5\%$ de la radiación total diaria |
| Respuesta del coseno: $\pm 4\%$ a 75° ángulo cenital $\pm 1\%$ a 45° ángulo cenital |
| Respuesta de Temperatura: $<1\%$ a 5° a 40° C |
| Estabilidad a largo plazo: $<2\%$ por año |
| Temperatura de funcionamiento: -40° a $+55^\circ$ C |
| Humedad relativa: 0 a 100 % |
| Salida: 0,2 mV por $W\ m^{-2}$ |
| Dimensiones: 0.9" (2,4 cm) de diámetro, 1,0" (2,5 cm) de altura |
| Peso: 2.3 oz (65g) con 2 m de alambre conductor |
| Rango de medición: de 0 a $2000\ W\ m^{-2}$ (plena luz solar $\approx 1.000\ W\ m^{-2}$) |
| Banda de frecuencias del espectro de luz: 300 a 1100 nm |

Instalación.

El CS300 se debe montar de tal manera que no exista ninguna sombra incidente sobre él. El sensor debe ser montado con el cable apuntando hacia el polo magnético más cercano, por ejemplo, en un punto del hemisferio sur el cable debe apuntar hacia el Polo sur.

La altura de montaje no es crítica para la exactitud de la medición. Sin embargo, pirómetros montados a una altura de 3 metros o menos son más fáciles de nivelar y limpiar. Para realizar mediciones precisas, el

CS300 debe ser montado en una base con una mirilla de nivelación, el ajuste de los tres tornillos proporciona el nivel del pirómetro. El CS300 con su base y conjunto de nivelación se monta en un trípode o una torre con dos configuraciones opcionales de montaje (Figura 2.33 y Figura 2.34).



Figura 2.33: Montaje de pirómetro con soporte CM225.^[60]



Figura 2.34: Pirómetro con Brazo de Montaje 015ARM.^[65]

Detalle de hilos del Pirómetro “APOGEE CR300”.

El diagrama esquemático del pirómetro APOGEE CS300 se muestra en la figura 2.35.

^[60] CS300 Pyranometer, INSTRUCTION MANUAL

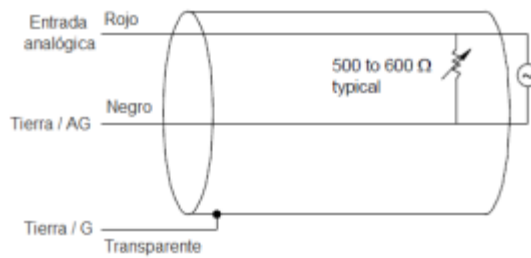


Figura 2.35: Diagrama esquemático del Pirómetro CS300.^[61]

Las conexiones hacia el datalogger Campbell Scientific se proporcionan en la Tabla 2.22.

Tabla 2.22 Conexiones del sensor hacia el registrador de datos.

| Conexiones hacia el datalogger | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------|
| Color | Descripción | CR10X |
| Rojo | Señal | SE Analógica |
| Negro | Señal de Referencia | AG |
| Transparente | Blindaje de alambre | G |

LIMPIEZA Y CALIBRACIÓN.

a) LIMPIEZA.

La limpieza y el mantenimiento del pirómetro CS300 no son necesarios ya que este fue adquirido nuevo.

Se recomienda realizar una revisión del nivel de la base del pirómetro. Cualquier polvo o suciedad en el cabezal del sensor debe ser eliminado, se pueden limpiar con un chorro de aire comprimido o con un cepillo de cerdas suaves (cepillo de pelo de camello).

^[61] CS300 Pyranometer, INSTRUCTION MANUAL

Maneje con cuidado el sensor al realizar la limpieza. Tenga cuidado de no rayar la superficie del sensor.

b) CALIBRACIÓN.

La calibración del pirómetro CS300 tampoco es necesaria porque es sensor nuevo, se realizó una prueba de funcionalidad. (Tabla 2.23).

Se recomienda calibrar el CS300 cada tres años.

Tabla 2.23 Prueba de funcionalidad de pirómetro.

| HORA | PATRÓN (w/m²) | INSTRUMENTO (w/m²) |
|-------------|-------------------------------------|--|
| 08:30 | 469,49 | 469,68 |
| 10:30 | 503,92 | 504,01 |
| 12:30 | 369,22 | 369,19 |
| 14:30 | 358,38 | 358,44 |
| 16:30 | 306,13 | 306,09 |

2.2.6 REGISTRADOR DE DATOS “DATALOGGER”^[62].

2.2.6.1 DATALOGGER CR10X.

El CR10X es un equipo electrónico autónomo para adquisición de datos y control, utilizado para la ciencia, la industria e investigación, alimentado por batería.

Habitualmente se lo instala dentro de una caja con una fuente de alimentación, el CR10X muestrea las señales de los sensores, las convierte a digital, las trata y almacena los resultados. Los datos pueden recogerse directamente en el lugar con un computador.

^[62] CR10X MEASUREMENT AND CONTROL MODULE OPERATOR’S MANUAL

El CR10X es un datalogger robusto y versátil adecuado para un amplio abanico de aplicaciones.

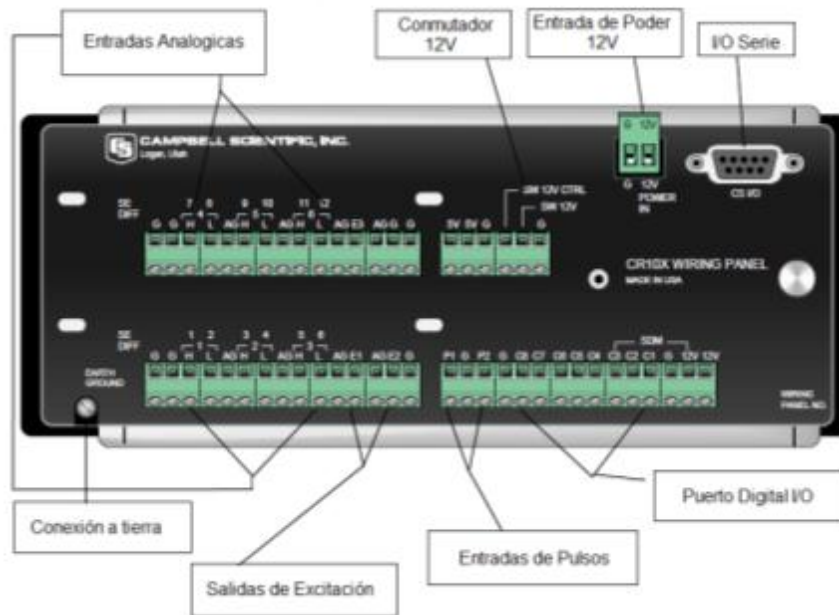


Figura 2.36: Descripción del Datalogger CR10X.^[65]

2.2.6.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DATALOGGER CR10X.

- a) **Memoria.-** 128k de memoria RAM para almacenamiento de datos y ejecución de programa. La memoria RAM almacena hasta 62.000 mediciones, protegidas por una pila de litio interna, haciendo no-volátil el almacenamiento de datos. El CR10X ejecuta programas de hasta 16k. Una memoria flash opcional aumenta la capacidad de almacenamiento de datos hasta 2M (1 millón de mediciones).

128k de EPROM Flash para el sistema operativo y programas del datalogger. El sistema operativo puede cargarse o actualizarse por el puerto de comunicaciones RS232.

32k de memoria no volátil están disponibles para programas; hasta 16k de memoria para el programa activo (automáticamente se carga en RAM y se ejecuta al conectar la alimentación), 16k para los programas en espera.

b) Entradas analógicas.

Número de canales: 12 entradas analógicas simples o 6 diferenciales en cualquier combinación, seleccionables mediante programación.

c) Frecuencia de muestreo burst.

Hasta 750Hz (funcionamiento estándar hasta 64Hz)

d) Salidas de excitación.

El datalogger CR10X tiene tres salidas de excitaciones programables, activadas solamente durante la medición, una sola salida activada a la vez. Cuando la salida de excitación se encuentra inactiva, está en alta impedancia.

e) Función frecuencia de barrido.

Una onda cuadrada de frecuencia de barrido de 0 y 2,5V está disponible para los sensores de hilo vibrante.

f) Contadores de pulsos.

Número de canales contadores: Programable 1 canal rápido o 2 canales lentos de 16 kHz.

Máxima frecuencia de conteo: 16 kHz en contadores lentos, 250 kHz en contador rápido. Los canales contadores son escaneados a 8 Hz o 64 Hz.

Modos: Cierre de contactos, pulso de alta frecuencia y AC de bajo nivel.

g) Puertos digitales.

8 puertos configurables por software como entradas binarias o salidas de control. Los puertos 6, 7 y 8 pueden configurarse como contadores de pulsos de baja frecuencia (< 40 Hz)

Tensión de salida (sin carga): Alta: $5V \pm 0.1$, Baja: 0,1 V

Estado de entrada: Alta: > 3 V, Baja: < 0,8 V

h) Protección contra transitorios.

El panel de conexiones del CR10X incluye tubos de gas para descargas en todas las entradas y salidas.

i) Salida de 12V conmutable.

Para alimentación de 12V a dispositivos externos. Controlado por programa. Corriente máxima: 600mA.

j) Requerimientos de alimentación.

Voltaje: de 9,6 a 16 Vdc.

Consumo: 1 mA en reposo, 13 mA durante proceso y 46 mA durante las medidas analógicas.

Baterías: Cualquier batería de 12V puede ser usada como alimentación principal.

k) Detección de nivel bajo de los 12V.

Si la tensión de la batería desciende por debajo de 9,6V, el CR10X suspende la ejecución del programa para evitar medidas imprecisas y para conservar la batería que le queda.

Las comunicaciones con el datalogger son aún posibles.

l) Reloj.

El reloj del datalogger se mantiene gracias a una pila interna, aunque se desconecte la alimentación principal.

m) Dimensiones.

Medidas: 198 x 89 x 38 mm (240 x 93 x 75 mm con el panel de conexiones).

Peso: 910 grs.

2.2.6.3 INSTALACIÓN.

El datalogger debe ser instalado en un gabinete de protección para protegerlo de la temperatura y la humedad que son su principal causa de deterioro.

El gabinete de protección es una caja construida en fibra de vidrio con clasificación NEMA 4X (impermeable, a prueba de polvo, resistente a la corrosión, uso interior y exterior), posee un orificio de 1,25" de diámetro en su parte inferior para el encaminamiento de cables de los distintos sensores, está provisto de una puerta de fácil acceso con cerradura, el color del gabinete de protección debe ser de color blanco para reflejar la radiación solar para así disminuir la temperatura en el interior y para el control de la humedad en su interior posee una bolsa de desecante.

Para así precautelar un rango de temperatura que puede estar entre -5°C a +50°C (-55°C a +85°C, opcional) que es la temperatura de funcionamiento del datalogger.

2.2.6.4 ALIMENTACIÓN.

El datalogger debe estar alimentado por un voltaje de 12Vcc. Por debajo de 9,6Vcc, el datalogger no funciona correctamente. La aplicación

prolongada a voltajes mayores al nominal puede causar daños irreversibles al datalogger.

La alimentación del datalogger es proporcionada por una batería recargable de 12 Vcc, 7 Ah.

La recarga de la batería se lo realiza con un panel solar que dispone la estación meteorológica.

2.2.6.5 CONEXIÓN.

El datalogger posee borneras claramente identificadas para la conexión de cada uno de los hilos de los sensores que sean añadidos, se debe procurar una correcta conexión entre la bornera los hilos del sensor.

2.2.6.6 LIMPIEZA Y CALIBRACIÓN.

a) LIMPIEZA.

La limpieza del datalogger es mínima, se debe hacer una limpieza externa de su carcasa y borneras si fuera necesario.

b) CALIBRACIÓN.

El datalogger no necesita una calibración, se sugiere realizar una prueba de funcionalidad, programando cada uno de sus canales.

2.2.6.7 MANTENIMIENTO.

El datalogger, gabinete de protección y fuente de alimentación requieren un mínimo de mantenimiento.

- a) Mantenimiento del Datalogger CR10X.-** El datalogger en su interior contiene una pila plana de litio que alimenta el reloj interno del datalogger, la pila de litio dura aproximadamente 4 años (menos en

temperaturas extremas). Por lo que la pila del datalogger CR10X debe ser reemplazada para el correcto funcionamiento del datalogger.

Para realizar el reemplazo se debe tener en cuenta que el datalogger se encuentra sellado y en su interior existe un desecante para reducir la humedad del interior.

Cuando el datalogger CR10X debe ser desmontado, es imprescindible desconectar la alimentación y retirar el datalogger del gabinete de protección.

Para iniciar el mantenimiento se debe aflojar el tornillo de sujeción de la carcasa exterior, para poder acceder al módulo interno del datalogger. (Figura 2.37).

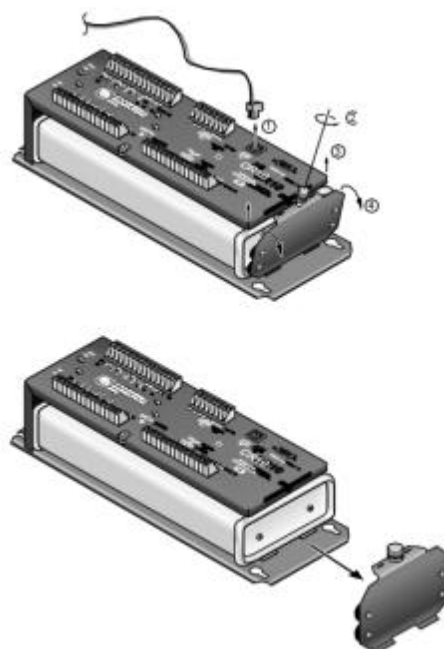


Figura 2.37: Desmontaje de datalogger.^[63]

^[63] CR10X MEASUREMENT AND CONTROL MODULE OPERATOR'S MANUAL

Se debe retirar los 2 tornillos que sujetan la tapa del módulo interno. (Figura 2.38).

Con una relativa fuerza, manteniendo firmemente la carcasa del módulo extraer la segunda tapa que contiene la tarjeta electrónica del datalogger. (Figura 2.39)

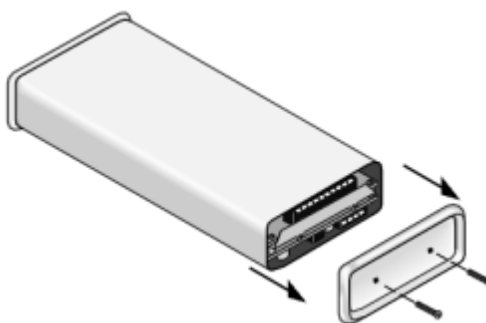


Figura 2.38: Extracción de tapa.^[68]



Figura 2.39: Extracción de la tarjeta electrónica.^[64]

Una vez expuesta la tarjeta, se puede visualizar la pila y el desecante (Figura 2.40), la pila está sujeta con una abrazadera la cual debe ser levantada para reemplazar la pila. La nueva pila debe ser deslizada por debajo del sujetador, el lado negativo hacia el tablero de circuitos y el lado positivo debe tocar la abrazadera.

^[64] CR10X MEASUREMENT AND CONTROL MODULE OPERATOR'S MANUAL

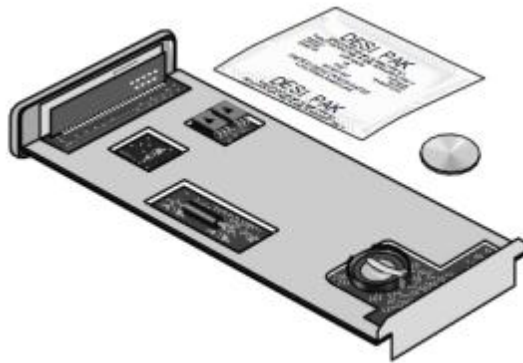


Figura 2.40: Ubicación de la batería de litio y desecante en el interior del datalogger CR10X.^[69]

Se recomienda colocar un nuevo desecante antes de volver a montar el datalogger CR10X.

La tabla 2.24 detalla las especificaciones técnicas que debe poseer la pila plana de litio del datalogger.

Tabla 2.24 Especificaciones de la pila de litio.

| Pila de Litio | |
|------------------------------|--|
| Modelo: | CR2430 |
| Capacidad: | 270mAh |
| Tasa de autodescarga: | 1% de la capacidad/año. |
| Espesor: | 3,0 mm |
| Diámetro: | 24,5 mm |
| Rango de temperatura: | De funcionamiento -20° a 60° C De almacenamiento -40° a 60° C |

- b) Mantenimiento del Gabinete de Protección.-** El gabinete de protección es una caja de fibra de vidrio que protege de las condiciones ambientales al datalogger (Figura 2.41).

El mantenimiento que se da a este gabinete es mínimo, se realiza una completa limpieza interna y externa de su carcasa.



Figura 2.41: Gabinete de protección.

c) Mantenimiento de la Fuente de alimentación.- La fuente de alimentación en la estación meteorológica comprende un captador de energía (panel solar) y un almacenador de energía (batería).

- Al panel solar simplemente se debe realizar una limpieza de su exterior.
- La batería no necesita ningún mantenimiento, se debe realizar mediciones de voltaje periódicamente.

2.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA.

Para una mejor comprensión y con el fin de plantear una solución al problema, se ha considerado necesario representar el sistema implantado mediante un gráfico (figura 2.42) y un diagrama de bloques (figura 2.43).

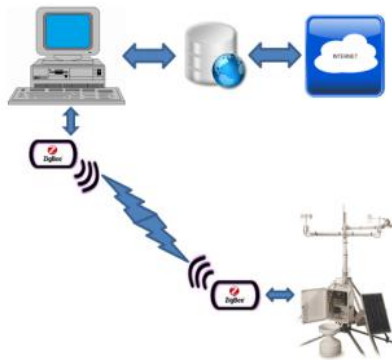


Figura 2.42: Descripción del sistema implementado.

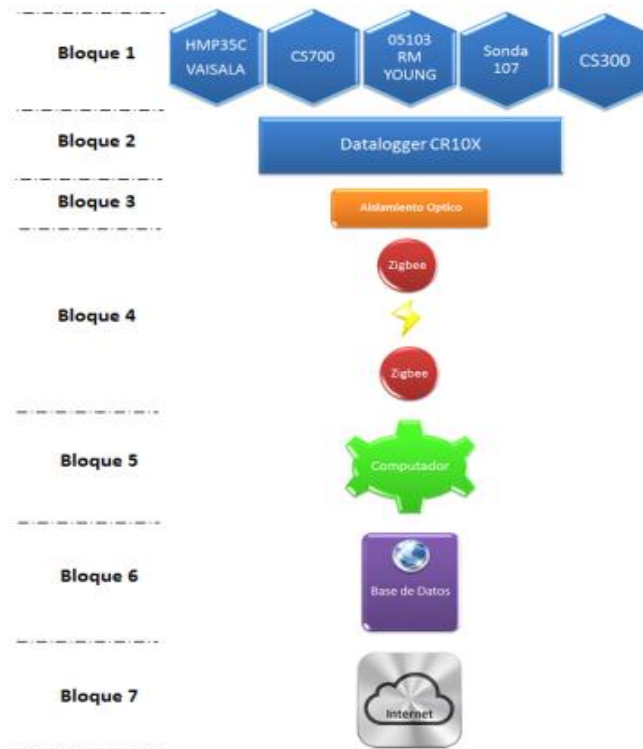


Figura 2.43: Diagrama del sistema implementado.

Bloque 1.- Sensores: Se emplean los sensores de temperatura del aire, humedad relativa, pluviómetro, monitor de velocidad y dirección del viento, temperatura del suelo, medidor de radiación solar, para obtener mediciones de cada variable física medida.

Bloque 2.- Datalogger CR10X: Registrador de datos Campbell Scientific, almacena la información que proporcionan los sensores.

Bloque 3.- Aislamiento Óptico: La interface SC32B permite una comunicación entre el puerto del datalogger CR10X y el módulo de comunicación XBee Pro. Las funciones incluyen:

- Conversión de niveles del puerto de comunicación del datalogger a niveles lógicos RS-232.
- Ópticamente aísla el datalogger y una sección RS-232. Las señales que ingresan y salen son eléctricamente independientes, proveyendo protección contra lazos de tierra^[65], descargas eléctricas, ruido.

Bloque 4.- Transmisión inalámbrica: Con la utilización de módulos XBee Pro, módulos de radio de frecuencia que trabajan en la banda de 2.4GHz, permiten el enlace de la estación meteorológica que se encuentra en el campo y la computadora de monitoreo que se encuentra en las instalaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Bloque 5.- Computador: Es donde se implementa la Interface Hombre-Máquina (HMI), con la ayuda de la plataforma RTMC de Campbell Scientific.

Bloque 6.- Base de Datos: Se crea una base de datos con las mediciones recolectadas por el datalogger de los distintos sensores para su posterior gestión.

Bloque 7.- Internet: Con la ayuda de la base de datos se publican los datos meteorológicos en la página web de la Universidad Técnica de Ambato.

[65] **Lazo de Tierra** se refiere a una corriente no deseada que circula a través de un conductor que une dos puntos, que en condiciones normales están al mismo potencial pero que en realidad no lo están

2.4 DIAGRAMAS DE CONEXIONES.

a) Conexión Sensor –Datalogger.

Se detalla cada una de las conexiones que se deben realizar entre los sensores y el datalogger, cada sensor tiene un número específico de hilos y un color particular que son conectados a los diferentes canales del datalogger como se detalla en la figura 2.44.

| | | |
|---|--|--------------|
| HMP35C Sensor de Temperatura y Humedad Relativa | | CR10X |
| Transparente | | G |
| Naranja | | 1H |
| Verde | | 1L |
| Purpura | | AG |
| Blanco | | AG |
| Negro | | E1 |
| Amarillo | | C1 |
| Rojo | | 12V |
| CS700 Pluviómetro | | CR10X |
| Transparente | | G |
| Blanco | | G |
| Negro | | P1 |
| 05103 Sensor de Dirección y Velocidad del Viento | | CR10X |
| Negro | | G |
| Transparente | | G |
| Blanco | | AG |
| Verde | | 2H |
| Azul | | E1 |
| Rojo | | P2 |
| 107 Sonda de Temperatura | | CR10X |
| Transparente | | G |
| Purpura | | AG |
| Rojo | | 2L |
| Negro | | E1 |
| CS300 Pirómetro | | CR10X |
| Transparente | | G |
| Negro | | AG |
| Rojo | | 3H |

Figura 2.44: Conexiones de sensores hacia el datalogger.

b) Conexión Datalogger (RS-232) – SC32B (Aislamiento Óptico)

El datalogger posee un puerto RS-232 (no estándar) por el cual se puede comunicar, la figura 2.46 describe la conexión del puerto RS-232 del datalogger con la interface de aislamiento óptico SC32B.



Figura 2.45: Conexión del datalogger – aislador óptico.

c) Conexión SC32B (Aislamiento Óptico) – Módulo XBee Pro

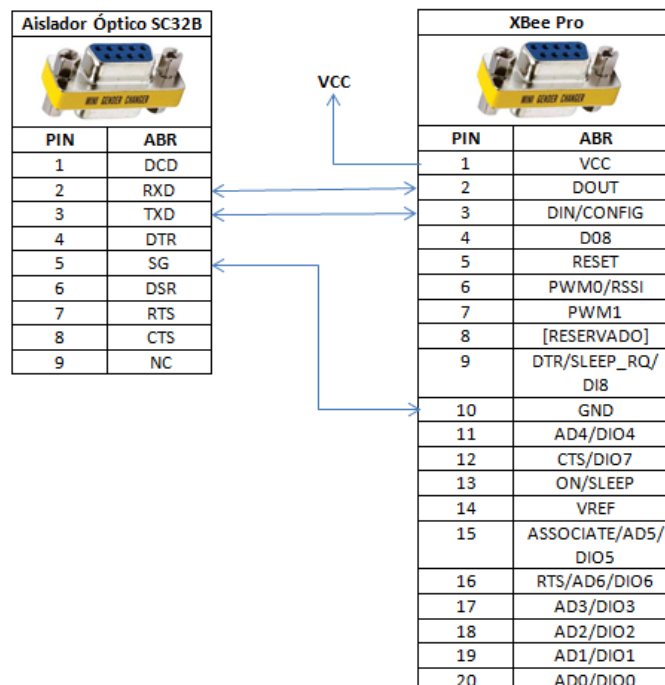


Figura 2.46: Conexión del Aislador óptico – Módulo XBee Pro.

d) Conexión Módulo XBee Pro – Puerto Serie PC

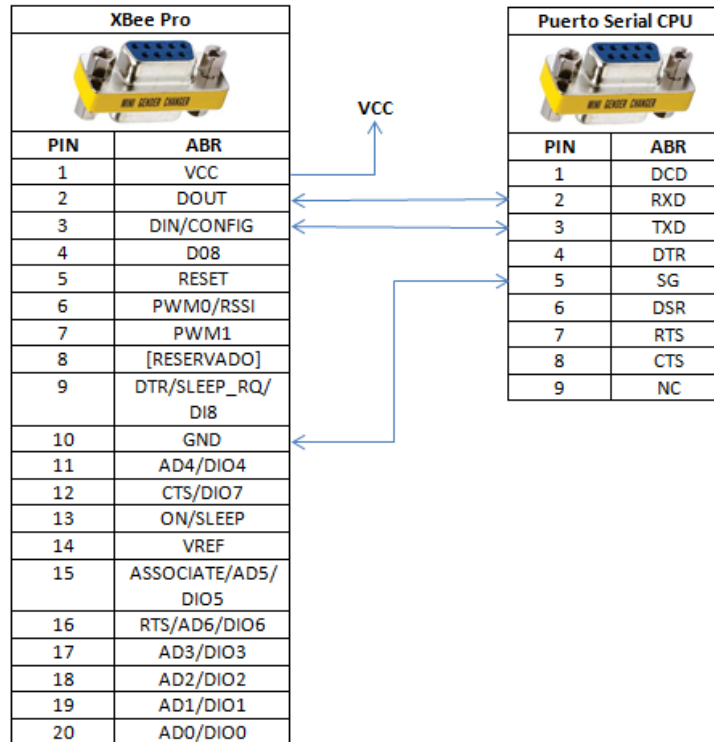


Figura 2.47: Módulo XBee Pro – Puerto Serie PC.

2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTÓNOMO.

La implementación del sistema autónomo de la estación meteorológica Querochaca de la Universidad Técnica de Ambato, se realiza en una primera etapa la configuración del datalogger para la recolección de datos a continuación se realiza la configuración de los módulos XBee Pro para la transmisión de los datos recolectados por el datalogger.

2.5.1 CONFIGURACIÓN DEL DATALOGGER CR10X.

Para realizar la configuración del datalogger se cuenta con el programa LoggerNet, el que es un compendio de aplicaciones propias de Campbell Scientific que permite realizar desde la programación de datalogger's hasta la creación de HMI's con distintas aplicaciones que este tiene cargadas.

2.5.1.1 ACTUALIZACIÓN DE FIRMWARE.

El datalogger CR10X que es utilizado en la estación meteorológica fue fabricado en Estados Unidos por Campbell Scientific y cargado con un firmware de fábrica del año 1995 (Figura 2.48). Por lo que, fue imprescindible realizar una actualización de firmware por uno más reciente ya que el firmware original no estaba diseñado para realizar ningún tipo de monitoreo.



Figura 2.48: Versión de firmware original cargada en datalogger.

Para la actualización del firmware se debe utilizar Device Config Utility propio de Campbell Scientific que se encuentra en el paquete de programas en LoggerNet. (Figura 2.49).



Figura 2.49: Localización de Device Config Utility.

Al desplegarse la pantalla del Device Config Utility se muestran los distintos tipos de datalogger en los que se puede actualizar el firmware y realizar una comunicación, para nuestro caso seleccionamos la pestaña Send OS, la que contiene la información y procedimientos que se debe realizar para la actualización del firmware (figura 2.50)

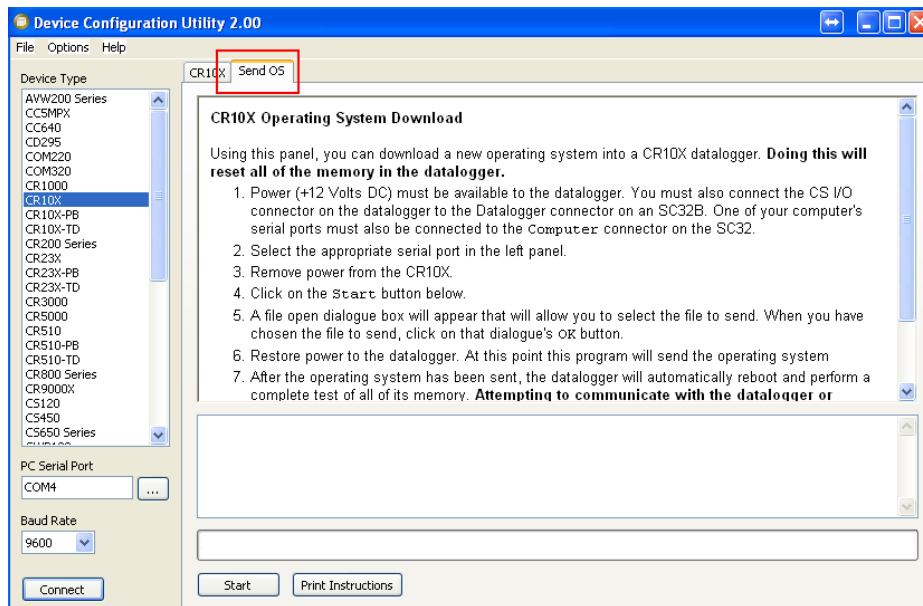


Figura 2.50: Pantalla de configuración de Device Config Utility.

Los pasos que se deben seguir para la actualización son:

1. La alimentación (+12Vcc) del datalogger debe estar disponible, la interface de aislamiento óptico SC32B debe estar conectada al datalogger y a la computadora.
2. Seleccionar el puerto de comunicación serie y el tipo de datalogger que se dispone, en la parte izquierda.
3. Quitar la alimentación del datalogger.
4. Seleccionar la opción start (inicio) que se encuentra en la parte inferior de la pantalla.
5. Aparecerá otra ventana la cual permitirá seleccionar al archivo que se va a cargar al datalogger (nuevo firmware).
6. Encender nuevamente el datalogger (conectar la alimentación). En este punto el programa va a enviar en nuevo firmware.
7. Una vez que el firmware haya sido enviado correctamente, el datalogger se reiniciará automáticamente y realizará una prueba completa de toda su memoria.

Hay que tener en cuenta que cuando el datalogger este en el modo de reinicio o de prueba de su memoria, no se debe intentar realizar comunicación alguna y también hay que asegurarse que la alimentación no sea suspendida ya que podría causar daños internos en el datalogger.

La cantidad de tiempo requerido para esta prueba depende de la cantidad de memoria instalada en el datalogger. Al CR10X estándar completará su prueba en unos 35 segundos. Al CR10X-2M requiere de unos 8 minutos para complementar la prueba.

Una vez realizado todos los pasos para la actualización y realizando la espera de verificación de memoria se ha culminado con el proceso de actualización de firmware del datalogger. De ahora en adelante todo tipo de comunicación se la realizará ya no como datalogger CR10X sino como datalogger CR10X TD/PB (figura 2.51).

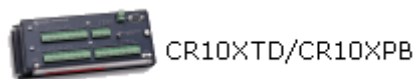


Figura 2.51: Nueva descripción del datalogger.

2.5.1.2 CONFIGURACIÓN DEL DATALOGGER CR10XTD.

Para la configuración del datalogger se debe abrir el programa LoggerNet. Desplegándose una ventana propia del programa donde se observan las distintas bondades que proporciona LoggerNet. (Figura 2.52).



Figura 2.52: Ventana principal de LoggerNet.

Para la configuración se selecciona la opción “Program-Short Cut” inmediatamente se desplegará la primera ventana como se muestra en la Figura 2.53. En la que se puede seleccionar las opciones para crear un nuevo programa o cargar uno ya existente. En este caso se escogerá la opción nuevo programa.



Figura 2.53: Primera ventana del Short Cut de LoggerNet.

Al realizar la anterior acción se despliega una ventana auxiliar que permite escoger el tipo de datalogger que se configurará. (Figura 2.54).



Figura 2.54: Ventana auxiliar para selección de datalogger.

La misma ventana auxiliar permite seleccionar el tiempo de escaneo del datalogger a todos sus sensores, este tiempo de escaneo es muy importante ya que establece que el datalogger realizará un barrido a todos sus sensores adquiriendo mediciones instantáneas de ese momento a todas las variables físicas que se pretende monitorear. En este caso se tomarán mediciones cada 5 segundos. (Figura 2.55).

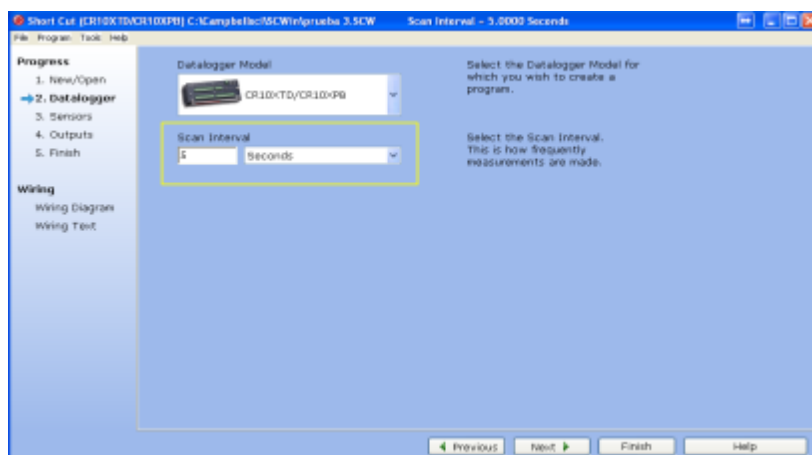


Figura 2.55: Ventana auxiliar para selección de intervalo de escaneo.

A continuación se despliega la segunda ventana de configuración, la que permite seleccionar los distintos sensores que van a ser configurados en el datalogger para realizar el monitoreo, en esta ventana se selecciona la opción "Meteorological" del árbol de navegación, la que despliega un árbol

secundario con los distintos sensores meteorológicos que se pueden agregar al datalogger. (Figura 2.56).

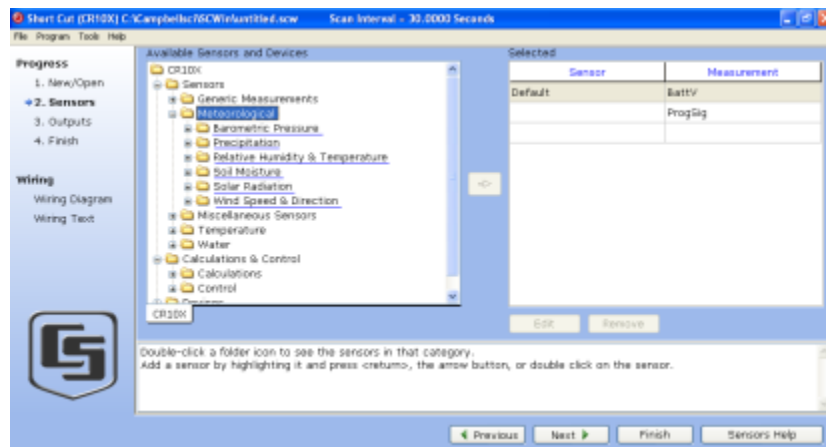


Figura 2.56: Segunda ventana del Short Cut de LoggerNet.

Para la configuración del datalogger con cada uno de sus sensores se procede a seleccionar cada uno de ellos y configurarlos dependiendo de los requerimientos del usuario.

Se iniciará con la selección del sensor de temperatura y humedad relativa. En el árbol de navegación se observa una carpeta llamada “Relative Humidity & Temperature” la que se selecciona y proporciona los distintos sensores de temperatura y humedad relativa que se puede configurar en el datalogger, en el caso de la estación meteorológica Querochaca, posee un sensor “HMP45C VAISALA” de 7 hilos. (Figura 2.57).

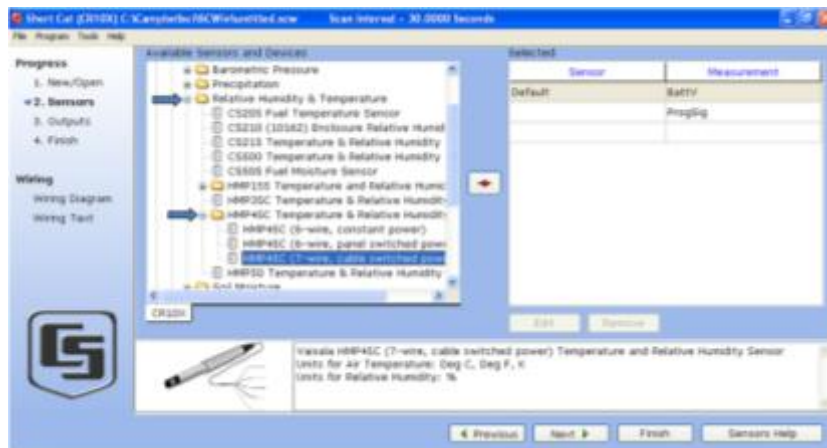


Figura 2.57: Selección de sensor HMP45C VAISALA.

Una vez seleccionado el sensor se desplegará una ventana auxiliar la cual permite cambiar el nombre de las variables meteorológicas que posee el sensor y escoger la unidad de medición de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$ y $^{\circ}\text{K}$). La unidad de medida de la humedad relativa es el porcentaje (%). (Figura 2.58).

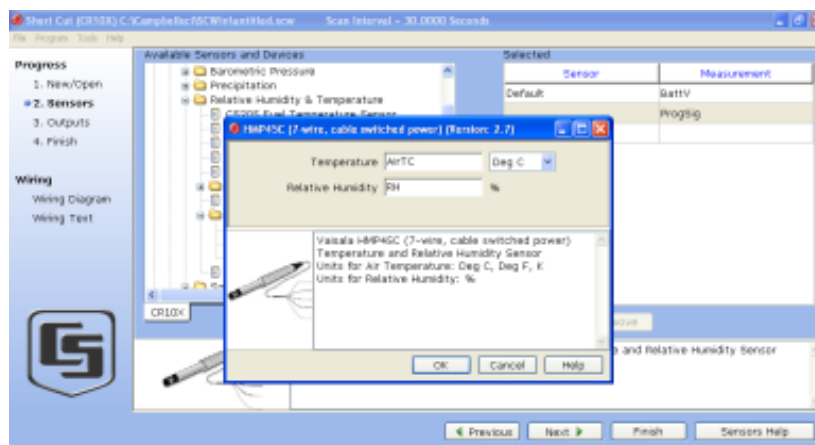


Figura 2.58: Configuración de nombre y unidad de medición del sensor HMP45C VAISALA.

Se continúa con la selección del sensor de precipitación, en el árbol de navegación se dispone de una carpeta con el nombre “Precipitation” la que contiene los distintos sensores de precipitación que se puede

configurar en el datalogger, en el caso de la estación meteorológica Querochaca posee un sensor “CS700-L”. (Figura 2.59).

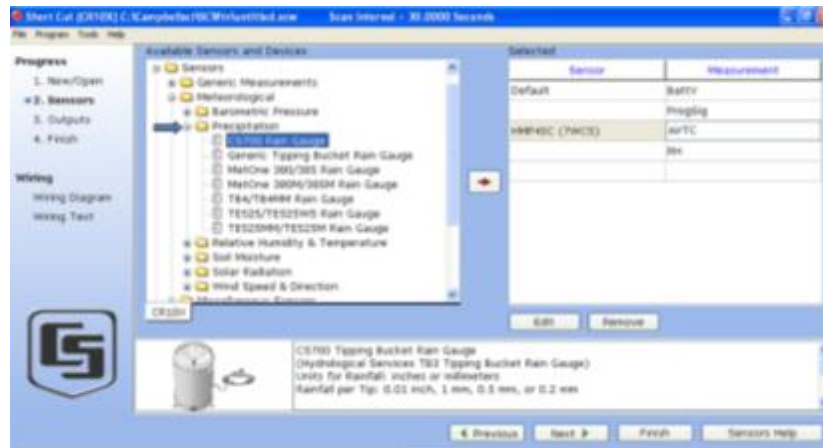


Figura 2.59: Selección de sensor CS700.

Una vez seleccionado el sensor se desplegará una ventana auxiliar la cual permite cambiar el nombre del sensor, escoger la unidad de medición del sensor y la constante de caída de lluvia del sensor. (Figura 2.60).

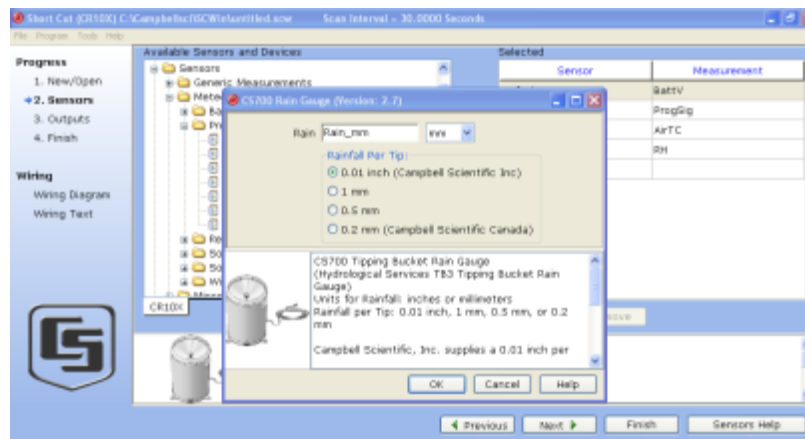


Figura 2.60. Configuración de nombre, unidad de medición y constante del sensor CS700.

A continuación se procede a la configuración del monitor de viento. En el árbol de la segunda ventana de configuración se encuentra una carpeta

con el nombre “Wind Speed & Direction” la que permite escoger los distintos sensores de velocidad y dirección de viento que se puede configurar en el datalogger, en el caso de la estación meteorológica Querochaca posee un sensor “05103 RM YOUNG”. (Figura 2.61).

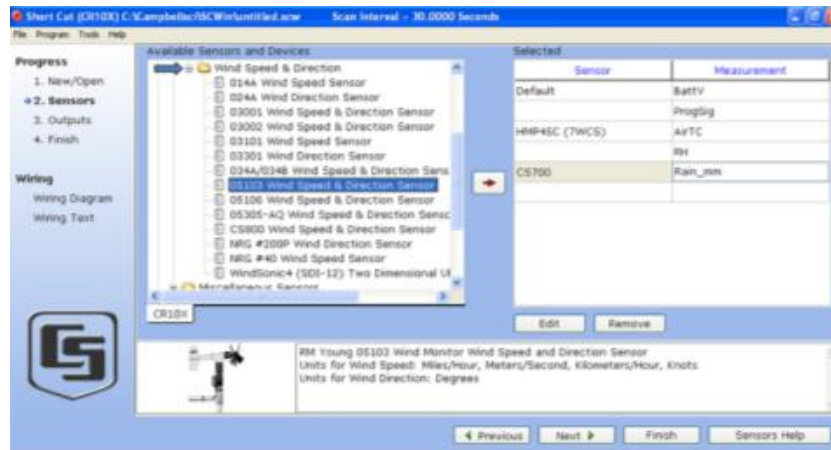


Figura 2.61: Selección de sensor 05103 RM YOUNG.

Una vez seleccionado el sensor, se despliega una ventana auxiliar la que permite cambiar el nombre de las dos variables meteorológicas que posee este monitor de viento y escoger la unidad de medición de la velocidad del viento (m/seg, Km/h, millas/h y nudos), la unidad de medida de la dirección del viento por defecto son grados (°). (Figura 2.62).

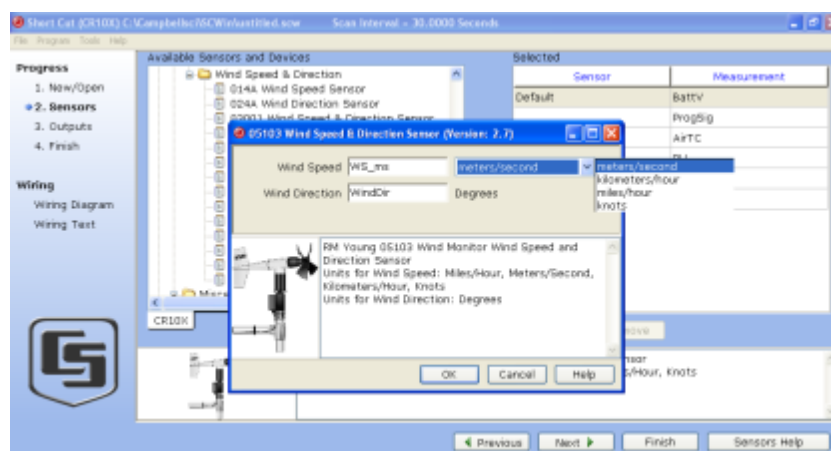


Figura 2.62. Configuración de nombre y unidad de medición del sensor 05103 RM YOUNG.

Otro sensor que se debe configurar es el sensor de temperatura del suelo. En el árbol de navegación se observa una carpeta con el nombre de “Temperature” la que se selecciona y contiene los distintos sensores de temperatura que se puede configurar en el datalogger para medir la temperatura en este caso del suelo, la estación meteorológica Querochaca posee un sensor “Sonda 107”. (Figura 2.63).

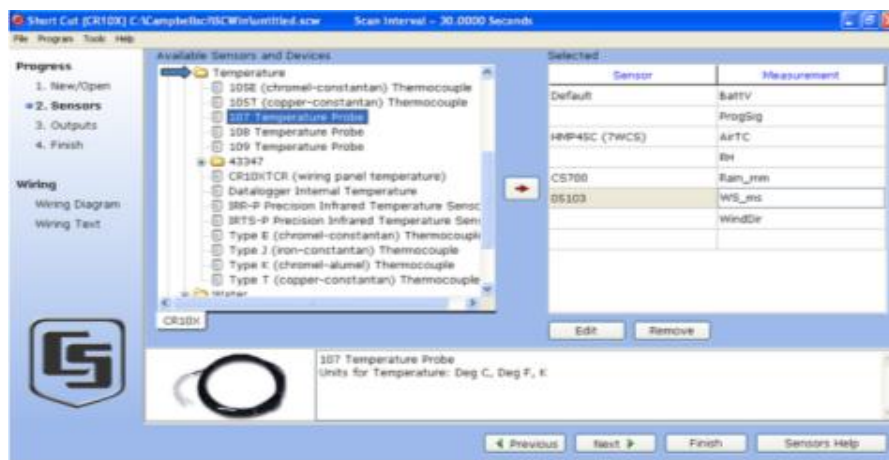


Figura 2.63: Selección de la Sonda 107.

Una vez seleccionado el sensor se despliega una ventana auxiliar la cual permite cambiar el nombre de la variable meteorológica y escoger la unidad de medición del sensor. (Figura 2.64).

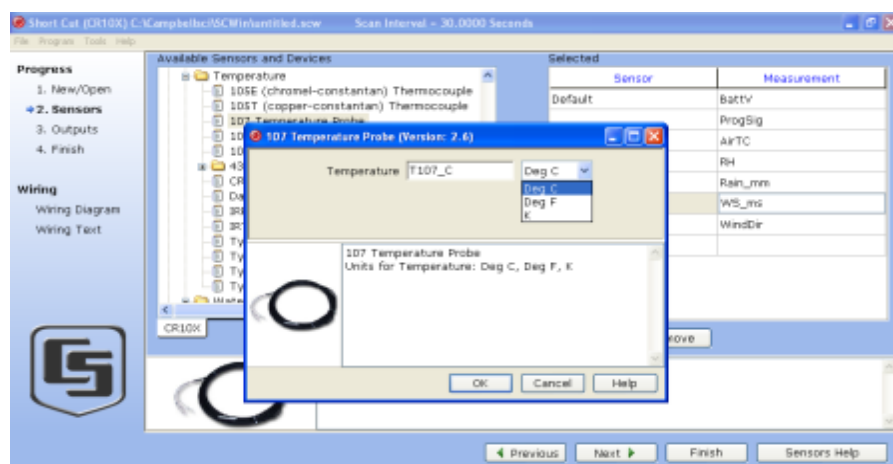


Figura 2.64: Configuración de nombre y unidad de medición de la sonda 107.

Para concluir con la configuración, se añadirá el pirómetro CS300. En el árbol de navegación se encuentra la carpeta con el nombre “Solar Radiation” la que contiene los distintos sensores de radiación solar que se puede configurar en el datalogger, en el caso de la estación meteorológica Querochaca posee un sensor “CS300”. (Figura 2.65).

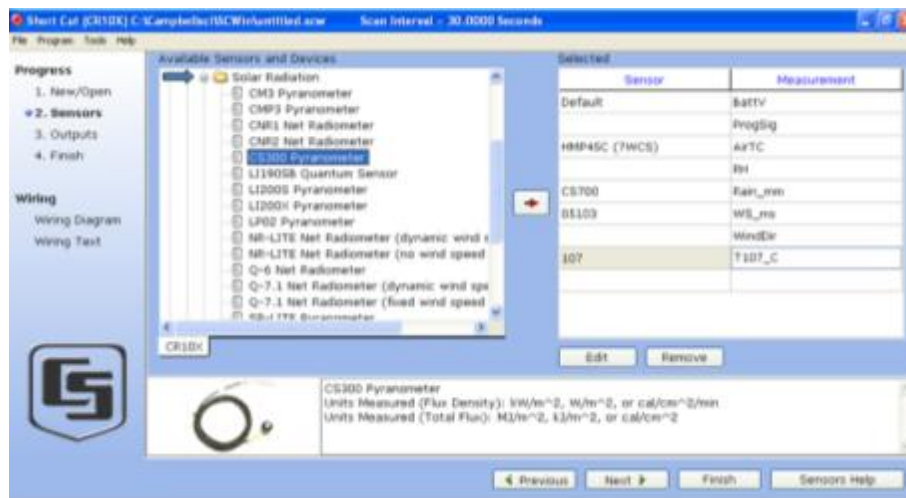


Figura 2.65: Selección del pirómetro CS300.

Una vez seleccionado el sensor se despliega una ventana auxiliar que permite cambiar el nombre de la variable meteorológica y escoger la unidad de medición. (Figura 2.66).

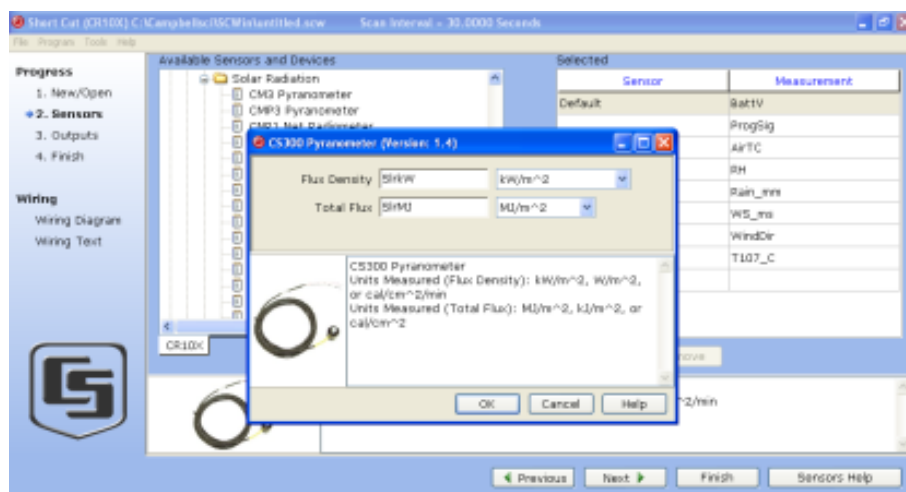


Figura 2.66: Configuración de nombre y unidad de medición del pirómetro CS300.

Ya seleccionados todos los sensores que van a ser configurados en el datalogger, se verifica que todo esté de acuerdo a la necesidad del usuario, se puede modificar los parámetros de cada sensor o eliminar los sensores utilizando los botones de “Edit” y “Remove”. (Figura 2.67).

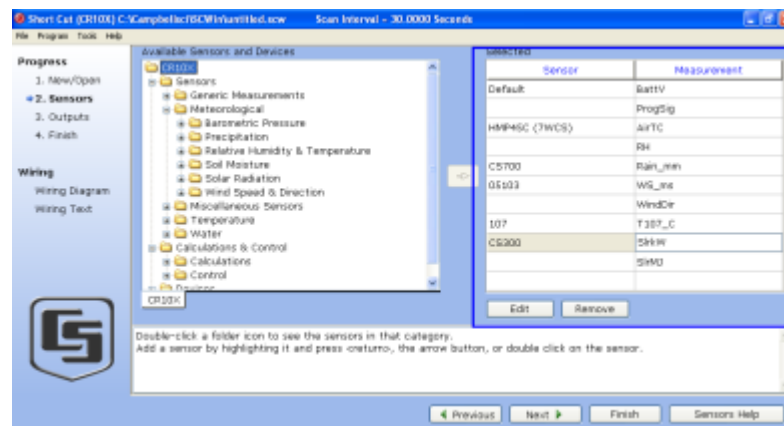


Figura 2.67: Verificación de parámetros de sensores escogidos.

Verificando que toda la configuración en la ventana dos está correcta, se procede a acceder a la ventana de configuración tres (Ver Figura 2.68). La que permite establecer:

- a) El nombre de cada una de las tablas donde se van apilar los datos recolectados.
- b) El tiempo de recolección de datos de cada una de las variables meteorológicas.
- c) Edita los modos de recolección de datos de sensores.
- d) Los modos de recolección de datos para los sensores son:
 - Promedio.
 - Máximo.
 - Mínimo.
 - Muestra.
 - Desviación estándar.
 - Total.

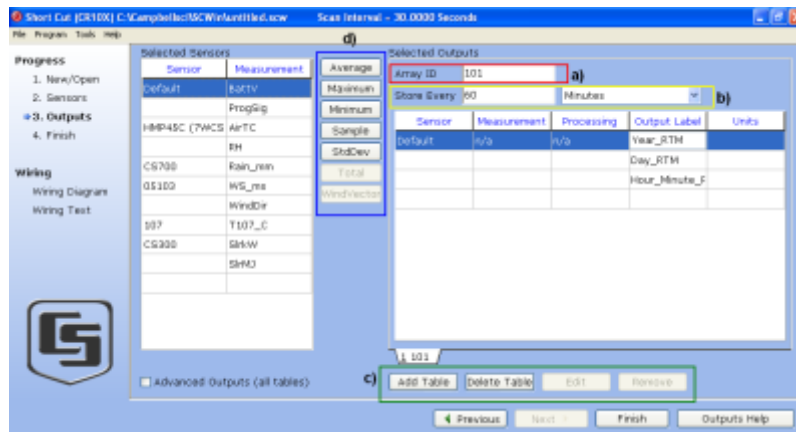


Figura 2.68: Descripción de ventana de configuración.

Se iniciará la configuración de los sensores en la ventana tres. Con el sensor de temperatura del aire, se escoge la variable “AirTC” que corresponde a la temperatura del aire, esta variable se configura de tal modo que se realice la recolección de muestras cada 30 minutos en un “Array ID 101”. (Figura 2.69).

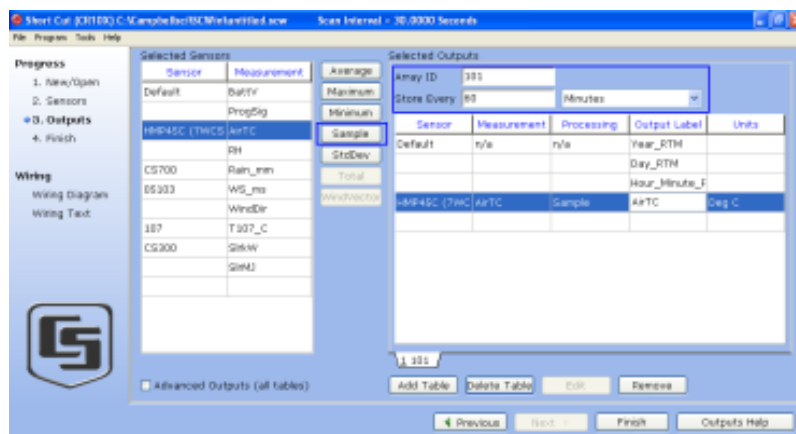


Figura 2.69: Configuración de AirTC (Temperatura del aire).

Para continuar se añade otra tabla en la que se configura el sensor de humedad relativa. Se escoge la variable “RH” que corresponde a la humedad relativa, esta variable se configura para una recolección de muestras cada 30 minutos en un “Array ID 102”. (Figura 2.70).

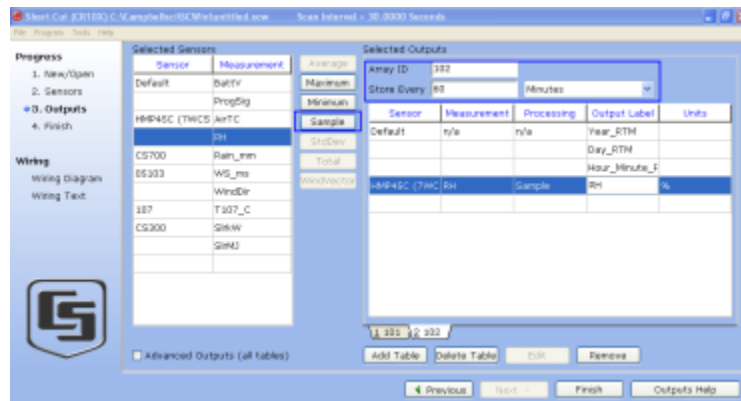


Figura 2.70: Configuración de RH (Humedad Relativa).

Siguiendo la configuración, se debe añadir otra tabla para la configuración del pluviómetro, se selecciona la variable “Rain_mm” que corresponde a la cantidad de lluvia. Esta variable se configura de tal modo que se realice la recolección de muestras cada 30 minutos en un “Array ID 103”. (Figura 2.71).

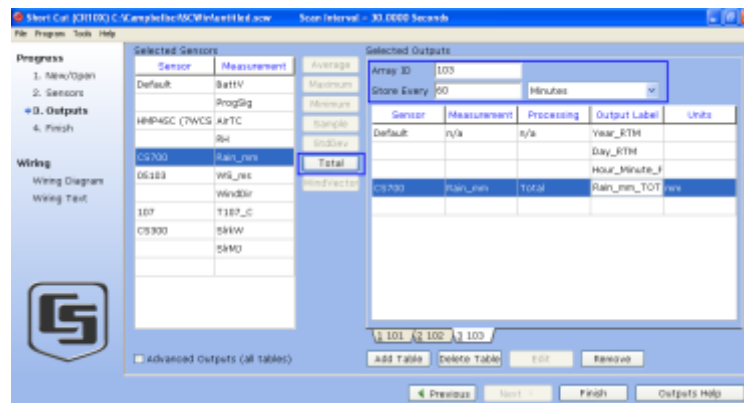


Figura 2.71: Configuración de Rain_mm (Cantidad de Lluvia).

Siguiendo la configuración con el monitor de viento, se añade otra tabla, se escoge la variable “WS_ms” que corresponde a la velocidad del viento. A esta variable se configura para que realice una recolección de muestras cada 30 minutos en un “Array ID 104”. (Figura 2.72).

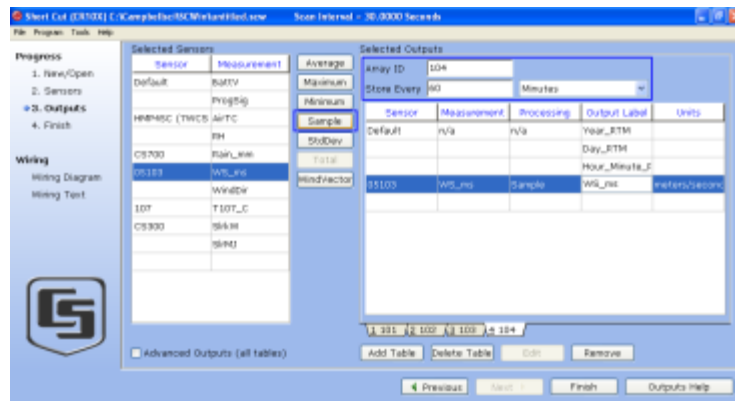


Figura 2.72: Configuración de WS_ms (Velocidad del viento).

Continuando con la variable del monitor de viento “WindDir” que corresponde a la dirección del viento y se añade otra tabla, esta variable se configura para que realice una recolección de muestras cada 30 minutos en un “Array ID 105”. (Figura 2.73).

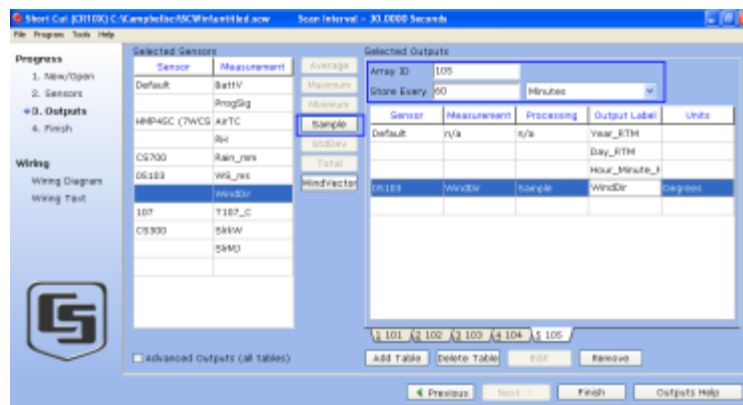


Figura 2.73: Configuración de WindDir (Dirección del viento).

A continuación se añade otra tabla, en la que se configura el sensor de temperatura del suelo, se selecciona la variable “T107_C” que corresponde a la temperatura del suelo, para configurar una recolección de muestras cada 30 minutos en un “Array ID 106”. (Figura 2.74).

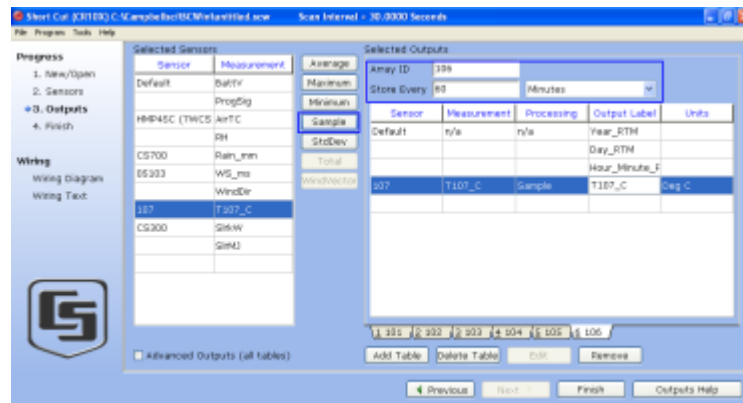


Figura 2.74: Configuración de T107_C (Temperatura del suelo).

Siguiendo la configuración se añade otra tabla en la que se configura el pirómetro. Se escoge la variable “SlrkW” que corresponde a la radiación solar, esta variable se configura para que realice una recolección de muestras cada 30 minutos en un “Array ID 107”. (Figura 2.75).

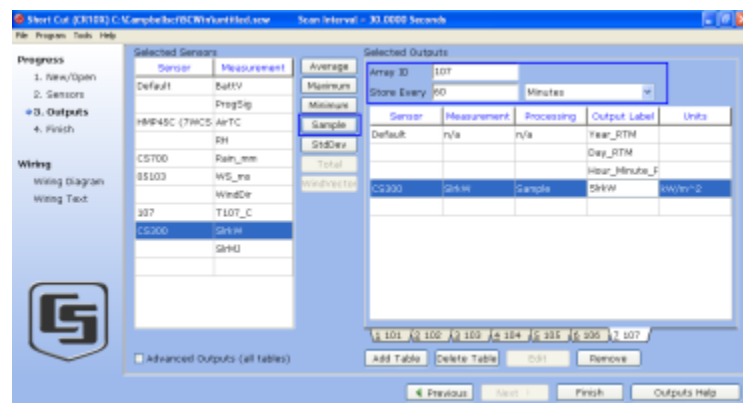


Figura 2.75: Configuración de SlrkW (Pirómetro).

Una vez terminada la configuración de todos los sensores en la ventana tres, se procede a finalizar la configuración, lo cual permite guardar la configuración en una ubicación específica y con el nombre que se desee. (Figura 2.76).

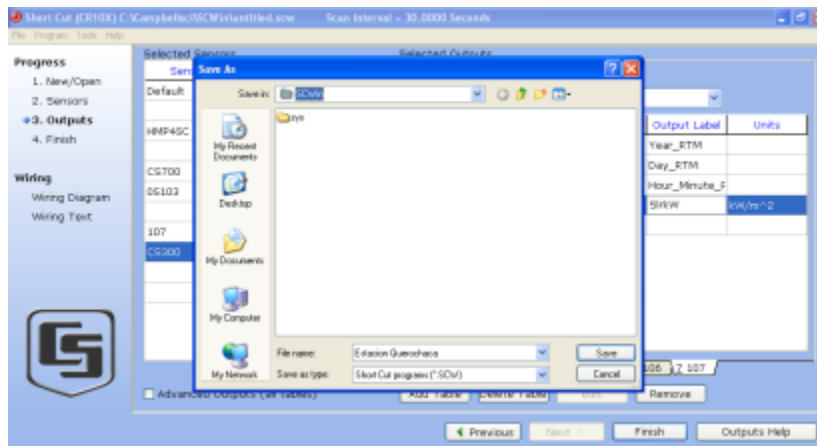


Figura 2.76: Finalización de la configuración.

Para terminar la configuración se envía el código de programación de los sensores a través de una cuarta ventana de configuración hacia el datalogger. Seleccionando la ventana auxiliar que aparece o enviándolo mediante el botón “Send Program”. El código que es enviado al datalogger es generado automáticamente por el programa Short Cut y es transparente para el usuario. (Figura 2.77).

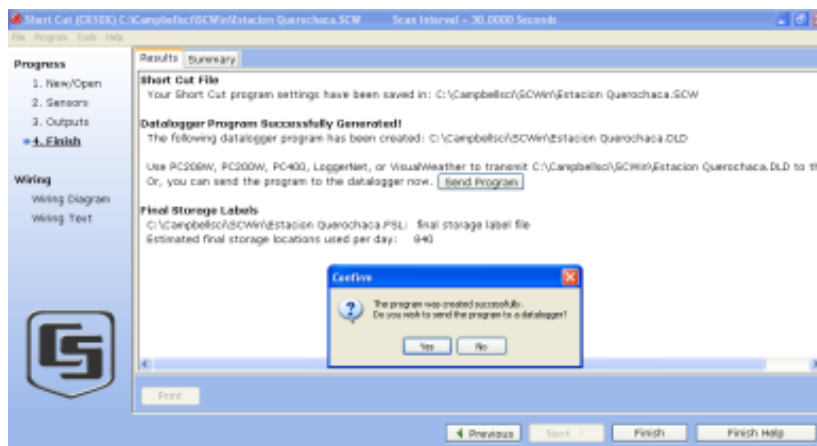


Figura 2.77: Descarga de configuración hacia el datalogger.

Otra opción que posee la cuarta ventana de configuración es un resumen. En esta pestaña se encuentra varias cosas importantes como: (Figura 2.78):

- Datos generales del programa.
- Detalle de hilos de cada uno de los sensores añadidos.
- Detalle de cada etiqueta de los sensores añadidos.
- Descripción de cada tabla creada.
- Estimación de las localidades de almacenamiento utilizado por día.

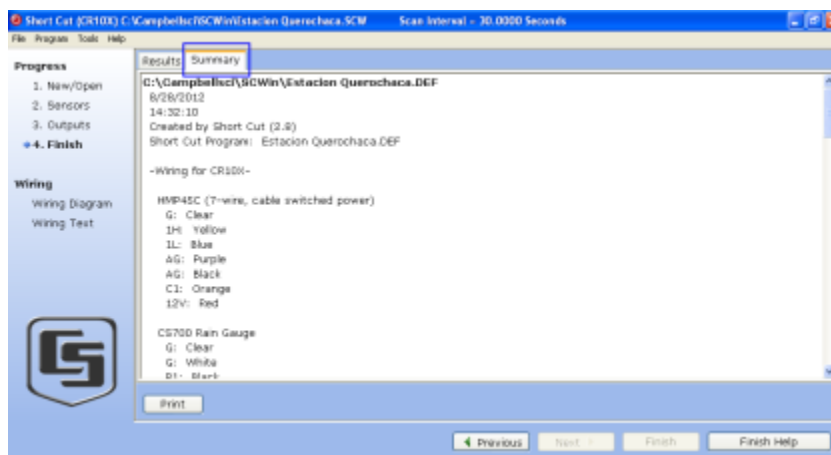


Figura 2.78: Resumen de configuración.

Otra ventana, es el diagrama de cableado que genera el Short Cut automáticamente, como muestra la figura 2.79.

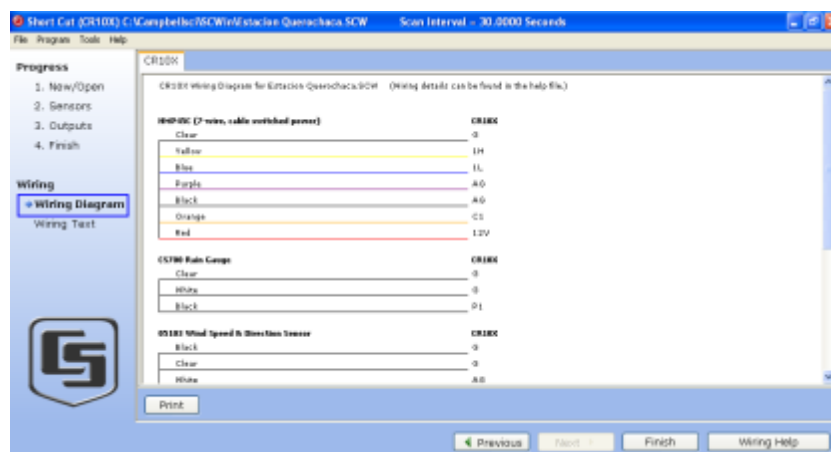


Figura 2.79: Diagrama de cableado para conexión.

Así mismo Short Cut genera un una descripción escrita de las conexiones de los hilos de los sensores hacia el datalogger, como se puede ver en la figura 2.80.

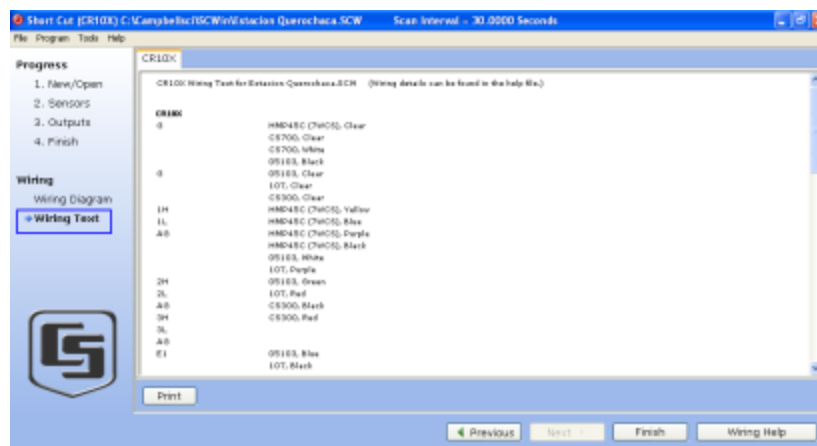


Figura 2.80: Descripción escrita de conexión.

2.5.1.3 CONFIGURACIONES ADICIONALES.

En esta parte se describirá otro tipo de configuraciones adicionales que gracias a la actualización de firmware se debe realizar al datalogger con el fin de configurar propiedades del puerto de comunicación, tiempos de recolección de información, archivos generados e implantación del tiempo real de la estación.

Para esto nuevamente se necesita el programa LoggerNet, el cual posee una herramienta llamada "Setup" (Figura 2.81) que permite hacer todas las configuraciones necesarias.



Figura 2.81. Descripción escrita de conexión.

Una vez abierto, se despliega una pantalla (Figura 2.82), la que permite realizar la configuración del puerto de comunicación. Únicamente se debe asegurar que el número de puerto sea el adecuado.

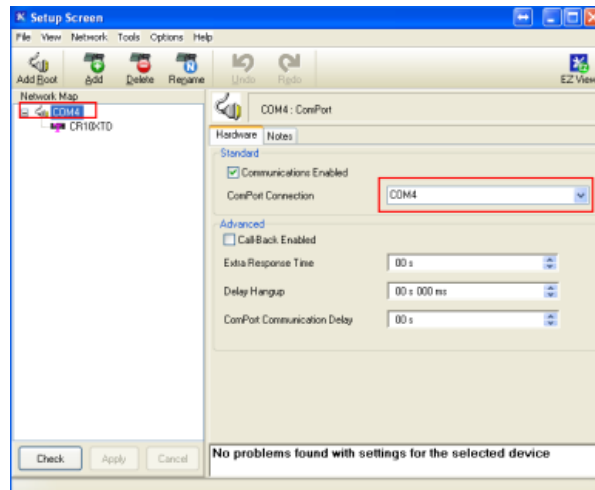


Figura 2.82: Configuración del puerto de comunicación.

Seccionando el icono del datalogger se abre un nuevo menú donde también se configuran algunas opciones del puerto de comunicación (Figura 2.83). En la pestaña “Hardware” se debe habilitar la comunicación mediante la selección del casillero “Communications Enabled” y seleccionar la velocidad de transmisión.

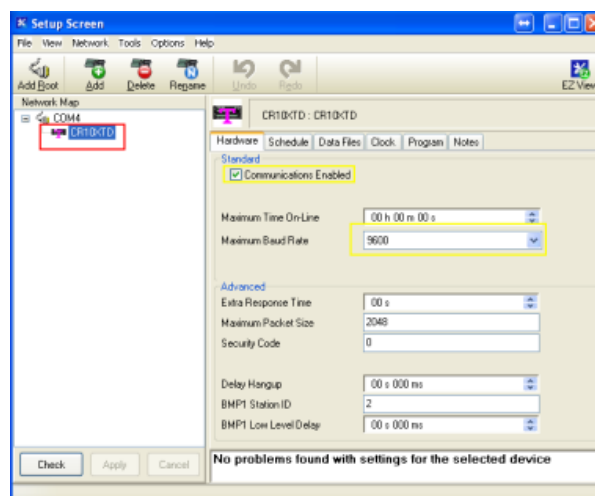


Figura 2.83: Habilitación del puerto de comunicación y selección de velocidad de comunicación.

Una configuración muy importante para el sistema de monitoreo de las variables ambientales se muestra en la figura 2.85. En la pestaña “Schedule” es necesario habilitar el cuadro “Schedule Collection Enabled”, este habilita la opción de recolección programada para el datalogger, permitiendo que el datalogger se comunice con el computador sin la necesidad de que alguna persona intervenga y entregue los datos al computador.

Valiéndose de esta propiedad que se generó por la actualización del firmware y teniendo en cuenta que el tiempo de escaneo que se configuro en el datalogger es de 5 segundos (Figura 2.56), se programa para que el intervalo de recolección de datos sea cada 6 segundos en la opción “Collection Interval” (Figura 2.84), esto quiere decir que cada 5 segundos el datalogger pregunta a todos sus sensores qué valor tiene en ese momento y al sexto segundo esta información es enviada al computador para ser visualizada en el HMI.

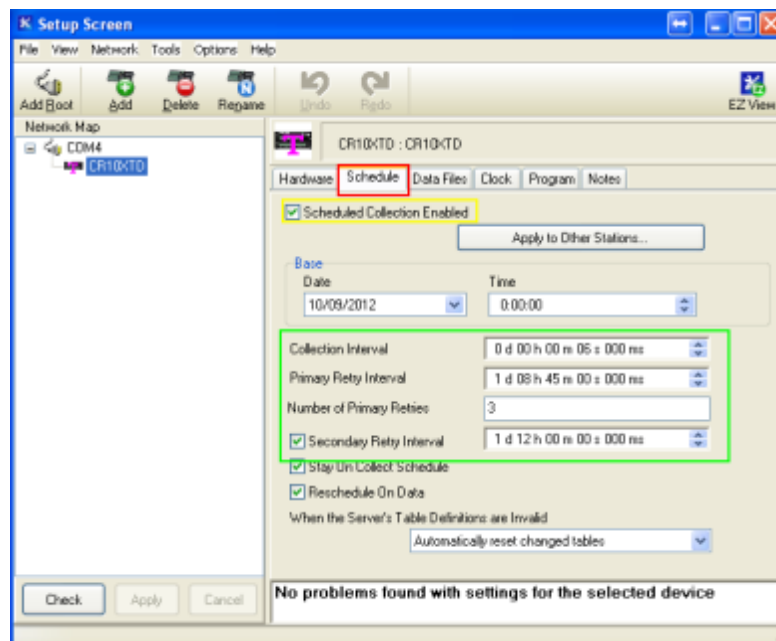


Figura 2.84: Configuración de recolección de datos.

Otras configuraciones son:

- **Primary Retry Interval:** Permite que el datalogger realice un intento de comunicación entre el datalogger y el computador para descargar la información almacenada. La hora seleccionada para la estación es de “1d 08h 45m 00s 00ms” porque si el personal que está a cargo del monitoreo de la estación no se percata que no existe una comunicación normal entre el computador y la estación, el datalogger automáticamente cada día (1d) en la hora ocho (08h) con cuarenta y cinco minutos (45m) intentará establecer la comunicación.
- **Number of Primary Retry:** Establece el número de intentos que va a realizar el datalogger para establecer la comunicación con el computador. Para este caso son tres.
- **Secondary Retry Interval:** Configura para que el datalogger realice un segundo intento de comunicación cada día a las 12 pm (1d 12h 00m 00s 00ms).

Otra configuración importante se realiza en la pestaña “Data Files” (Figura 2.85), en la que se puede configurar las tablas donde se guardarán cada una de las variables.

En el recuadro amarillo de la figura 2.85, se observan todas las tablas que se generarán para el almacenamiento de las variables monitoreadas. La designación de cada una se detalla en la tabla 2.25.

Tabla 2.25 Descripción de Tablas de Variables.

| Variable Física | Nombre de Tabla |
|---|------------------------|
| Temperatura del Aire y Humedad Relativa | T_RH |
| Precipitación | Precipitación |
| Velocidad y Dirección del Viento | V_Velo_Dir |
| Temperatura del Suelo | T107_C |
| Radiación Solar | Radiación |
| Tiempo | TimeSet |
| Todas las variables físicas | Inlocs |
| Todas las variables físicas | Variables |

Todas las tablas generadas son almacenadas en la ubicación C:\Campbellsci\LoggerNet, cada una con su nombre, como se puede observar en el recuadro verde de la figura 2.85.

En el recuadro azul de la figura 2.85 se configura como se desea guardar cada tabla y su formato. Todas las tablas tienen un formato “ASCII Table Data Long” que quiere decir que se generará un archivo .DAT (en forma de tablas con codificación ASCII), generando un archivo base de datos en el que se guardan todas las variables meteorológicas que posteriormente van ser utilizadas por el HMI y la página web de la estación meteorológica.

La opción “File Output Option ”brinda formas de guardar el archivo .DAT. Como los datos que recolecta la estación deben ser guardados para su revisión, las tablas (T_RH, Precipitación, V_Velo_Dir, T107_C, Radiación y Variables) deben contener todos los datos, por lo que se configuran con la opción “Appendto End of File” que almacenan los nuevos datos al final del archivo a continuación de los últimos datos guardados.

La única tabla que lleva la configuración “Over Write Existing File” es la tabla “Inlocs”, esta opción permite que los nuevos datos recolectados se sobre escriban sobre los anteriores. Este archivo no necesita acumular lo datos, y es el que utiliza el HMI.

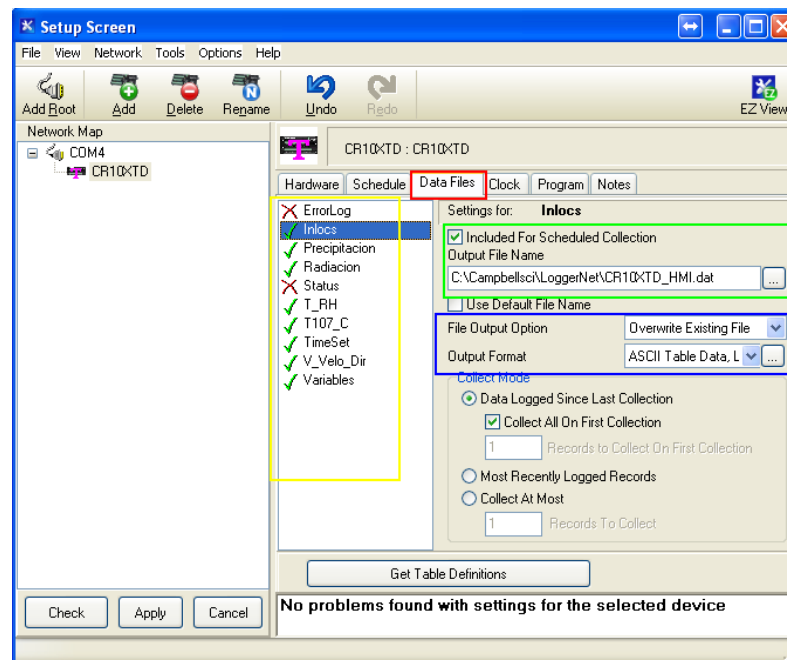


Figura 2.85: Configuración de tablas de datos.

En la pestaña “Clock”, se puede sincronizar la fecha y la hora del datalogger con la del computador, al realizar un “Check Clocks” se puede conocer la fecha y la hora que está configurada en el datalogger y en el computador (Figura 2.86).

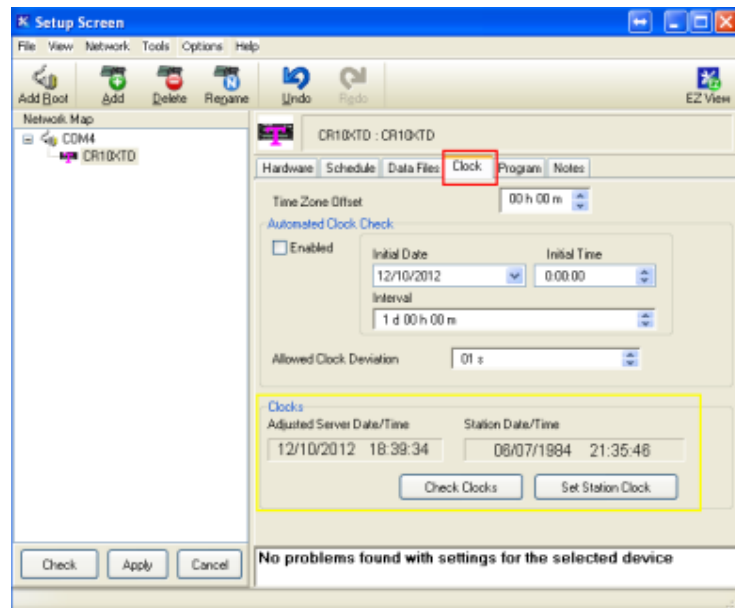


Figura 2.86: Verificación de fecha y hora.

Una vez consultada la fecha y la hora del datalogger se procede a sincronizar la fecha y hora del datalogger con la del computador seleccionando la opción “Set Station Clock” logrando sincronizar las fechas de los dos equipos. (Figura 2.87).

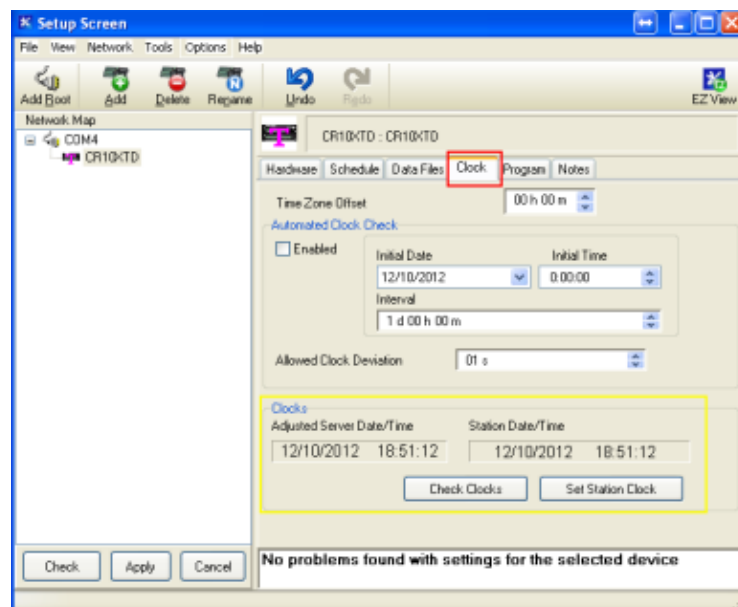


Figura 2.87: Sincronización de fecha y hora.

En la pestaña “Program” se puede conocer el nombre del programa que se encuentra cargado en el datalogger o enviar un programa hacia el datalogger, saber cuándo fue la última configuración del datalogger y si esta configuración fue cargada exitosamente. (Figura 2.88)

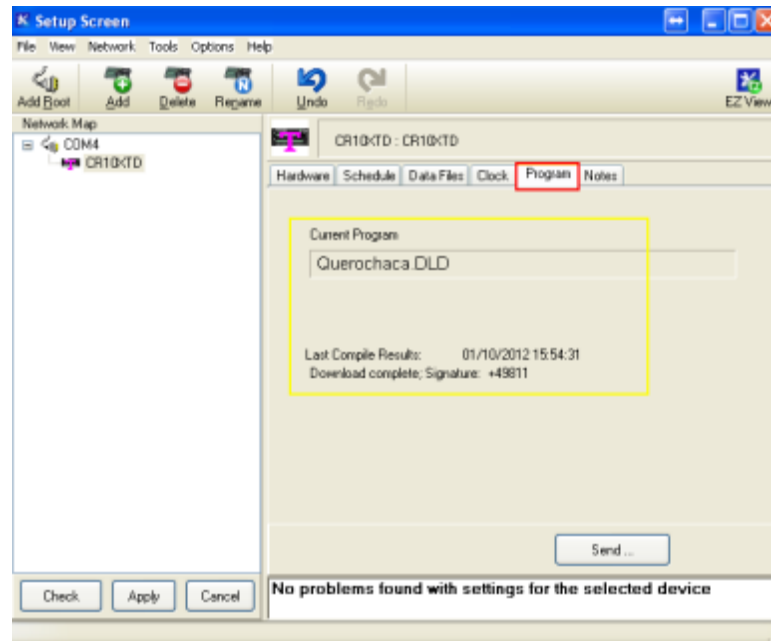


Figura 2.88: Información de la configuración del datalogger.

2.5.2 CONFIGURACIÓN DE MODULOS XBEE Pro.

Para configurar los módulos XBee se utiliza el programa X-CTU^[66] y una tarjeta programadora de módulos XBee.

Se monta el módulo XBee en la tarjeta de programación y se conecta la tarjeta a la computadora.

Al iniciar el programa X-CTU se despliega una pantalla (Figura 2.89)

La pestaña “PC Settings” (Figura 2.89) permite configurar los parámetros del puerto de comunicación como:

^[66] Software de distribución libre desarrollado por DIGI Internacional.

- Selección de puerto de comunicación.
- Velocidad de comunicación.
- Control de flujo.
- Paridad
- Bits de parada

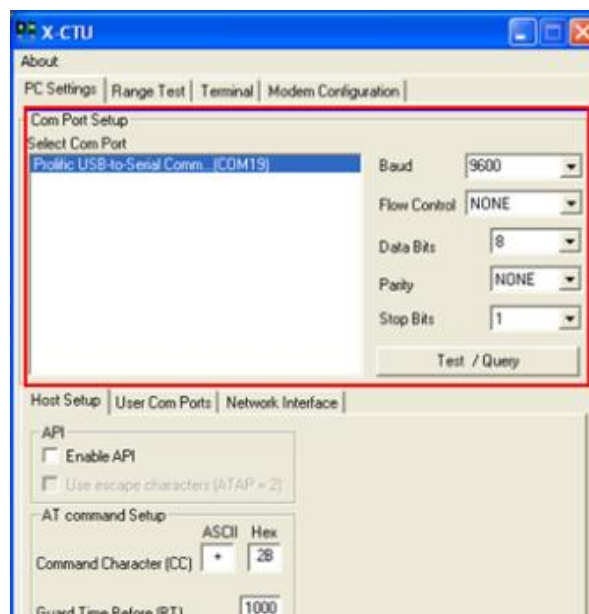


Figura 2.89: Configuración de puerto de comunicación.

Esta pestaña posee un botón denominado “Test/Query” que permite probar la comunicación entre el módulo XBee y la computadora. Al realizar esta prueba y si los parámetros de comunicación son los adecuados, se despliega una ventana confirmando que se realizó una prueba de comunicación exitosa. (Figura 2.90)

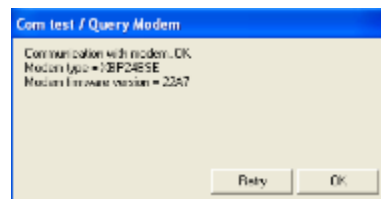


Figura 2.90: Mensaje de comunicación exitosa.

Una vez conectado el módulo XBee y la computadora, se pasa a la pestaña “Modem Configuration” la que permite la configuración del módulo XBee.

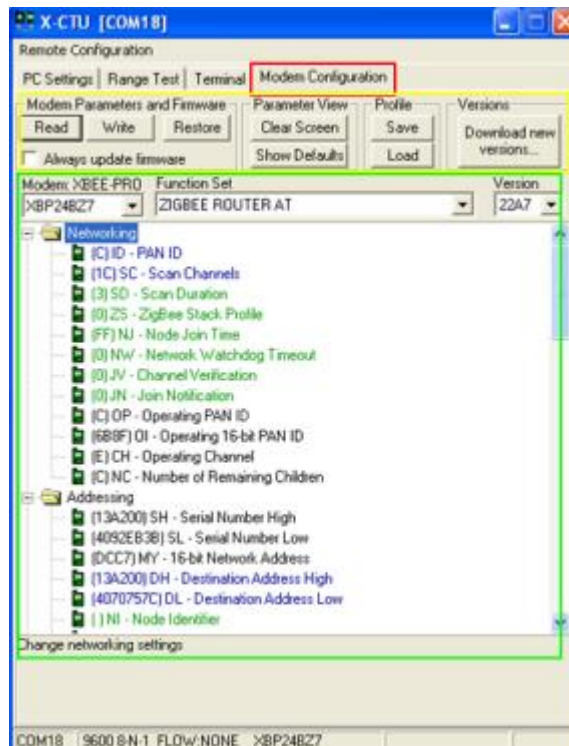


Figura 2.91 Pantalla de configuración.

Esta pantalla tiene cuatro funciones básicas (Figura 2.91 recuadro amarillo):

- Leer, escribir, restaurar el firmware y parámetros del módulo XBee.
- Limpiar y mostrar los parámetros que contiene el módulo XBee.
- Guardar y cargar parámetros de configuración del módulo XBee.
- Descargar nuevas versiones de firmware para el módulo XBee.

Otras funciones permiten la configuración del módulo XBee para los distintos trabajos que se requiera (Figura 2.91 recuadro verde):

En esta sección se pueden distinguir los diferentes parámetros con colores específicos, estos colores denotan que:

- Si los parámetros están de color negro no permite realizar cambios en su configuración.
- Si los parámetros están de color verde son valores predefinidos pero se pueden cambiar si el usuario cree conveniente.
- Si los parámetros están de color azul son valores que el usuario puede cambiar según sus requerimientos.

En la mayoría de los casos el módulo XBee Pro necesita actualizar su firmware, por lo que se procede a seleccionar el botón “Download new Versions” y automáticamente se buscará la actualización recomendada por el fabricante en la web o si se desea se puede cargar la actualización desde una ubicación específica. (Figura 2.92).

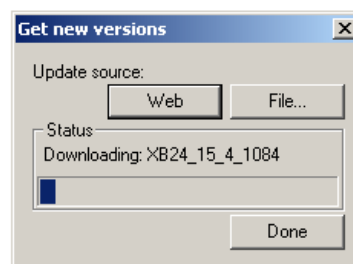


Figura 2.92: Actualización de firmware.

El tipo de comunicación que se implantará en la Estación Meteorológica Querochaca es una comunicación punto a punto entre los dos módulos de comunicación XBee Pro, por lo que se configurará los siguientes parámetros:

Function Set (Selecciona la función del módulo de comunicación).

- Un módulo debe gestionar la comunicación por lo cual debe ser configurado como Coordinador. (Figura 2.93).
- El segundo módulo debe responder las órdenes del coordinador por lo que se configura como Router o End Device. (Figura 2.93).

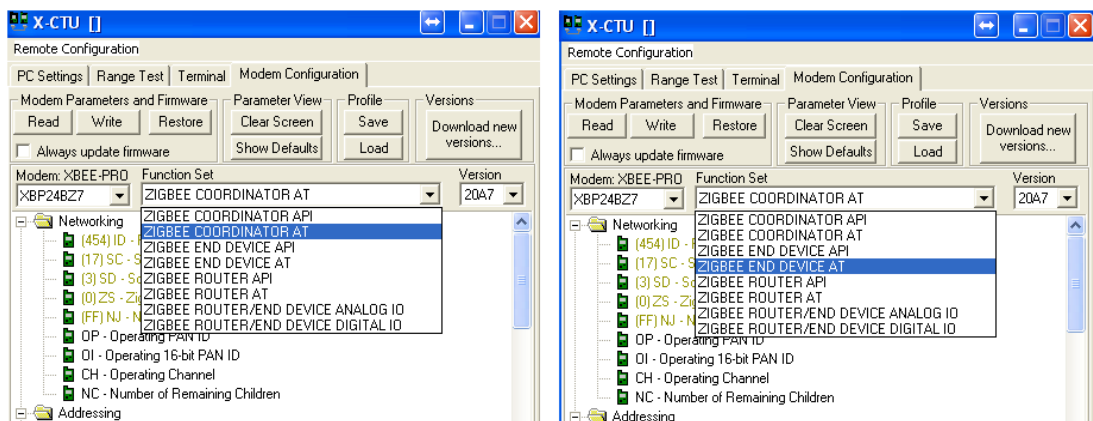


Figura 2.93: Configuración Function Set.

PAN ID (Identificación de red de área local).

Es un número que identifica la red en que van a trabajar los dos módulos de comunicación, el mismo número debe constar en la configuración de ambos dispositivos. (Figura 2.94).

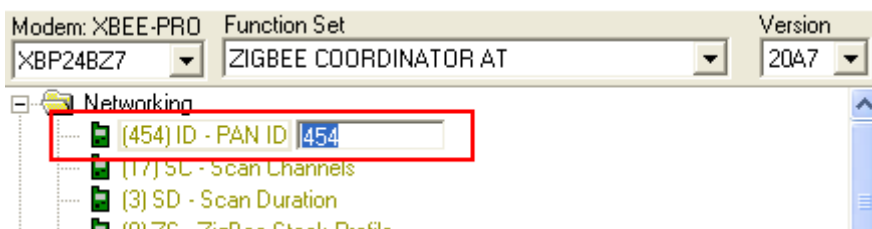


Figura 2.94: Configuración PAN ID.

DH y DL (Dirección de destino).

Es el número de identificación de cada módulo XBee, esta dirección se intercambia en los dos módulos de comunicación. (Figura 2.95).

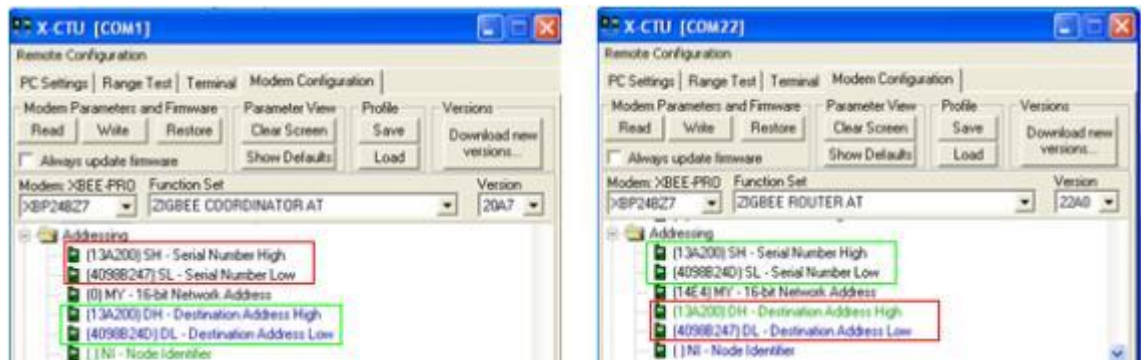


Figura 2.95: Configuración DH y DL.

PL (Intensidad de señal).

Son los niveles de intensidad de la señal para la comunicación que se le puede asignar a cada módulo XBee. (Figura 2.96).

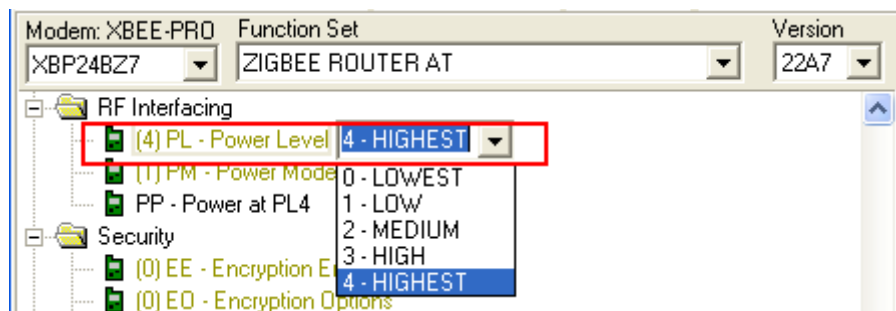


Figura 2.96 Configuración PL.

RO (Tiempo de empaquetamiento).

Es un tiempo de retardo antes de que comience el intercambio de datos entre los módulos, si el RO es cero el intercambio de datos no es retrasado, los datos son enviados a medida que llegan sin ningún tipo de amortiguamiento en el tiempo de envío. (Figura 2.97).

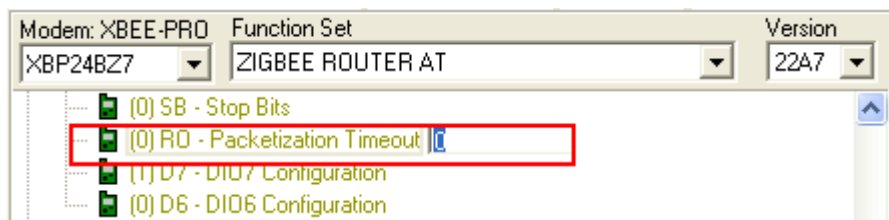


Figura 2.97: Configuración RO.

Una vez configurado todos los parámetros de los módulos de comunicación XBee Pro, se procede a programar al módulo XBee Pro con la opción “Escribir”, logrando que los módulos guarden los parámetros configurados en su memoria.

2.6 DISEÑO DEL HMI.

Una Interfaz Humano–Máquina es un conjunto de componentes que permiten al operador interactuar con un proceso por medio de imágenes que se relacionan con el proceso real. Las HMI que son desarrolladas en un computador, necesitan un software que posibilite el monitoreo o la supervisión de un proceso. La información de la estación meteorológica es conducida al HMI por medio de módulos de transmisión inalámbrica.

Para que la HMI sea una herramienta de supervisión, se requiere: adquirir datos y visualizar las variables meteorológicas, todo esto se realizará desde el monitor de un computador. Para el desarrollo de este proyecto

se utilizó el software RTMC (Real-Time Monitor and Control) de Campbell Scientific.

2.6.1 SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN: RTMC (Real-Time Monitor and Control)

El software RTMC (Real-Time Monitor and Control) proporciona la capacidad de crear y ejecutar pantallas gráficas para la visualización de datos en tiempo real.

RTMC tiene dos modos de funcionamiento: modo de desarrollo y modo de ejecución.

2.6.1.1 Modo de Desarrollo

RTMC en modo de desarrollo, es un editor gráfico que permite al usuario colocar fácilmente componentes gráficos en la pantalla y asociarlos con los valores de variables físicas.

La ventana de Desarrollo RTMC, está provista de tres secciones.

- a) Lista de componentes del proyecto.**-Se localiza en la parte izquierda de la pantalla, el panel muestra la jerarquía de los componentes de la pantalla y cómo se relacionan unos con otros. Todos los componentes de la pantalla se muestran en esta lista y proporcionan un acceso directo para llegar a cualquier componente gráfico que sea requerido. (Figura 2.98).
- b) Área de trabajo del proyecto.**- Es el espacio de trabajo de pantalla. Aquí se colocan los elementos gráficos de la pantalla de visualización, estos elementos gráficos se deben ubicar tal como aparecen en la pantalla final del proyecto. (Figura 2.98).
- c) Caja de herramientas de componentes.**- La caja de herramientas se sitúa en la parte superior, contiene los componentes de la

pantalla de visualización que se pueden colocar en el área de trabajo. Al seleccionar un componente y seleccionando el área de trabajo, se coloca el componente deseado en el área de trabajo y se abrirá la ventana de propiedades del componente para poder correlacionarlo con la variable física requerida. (Figura 2.98).

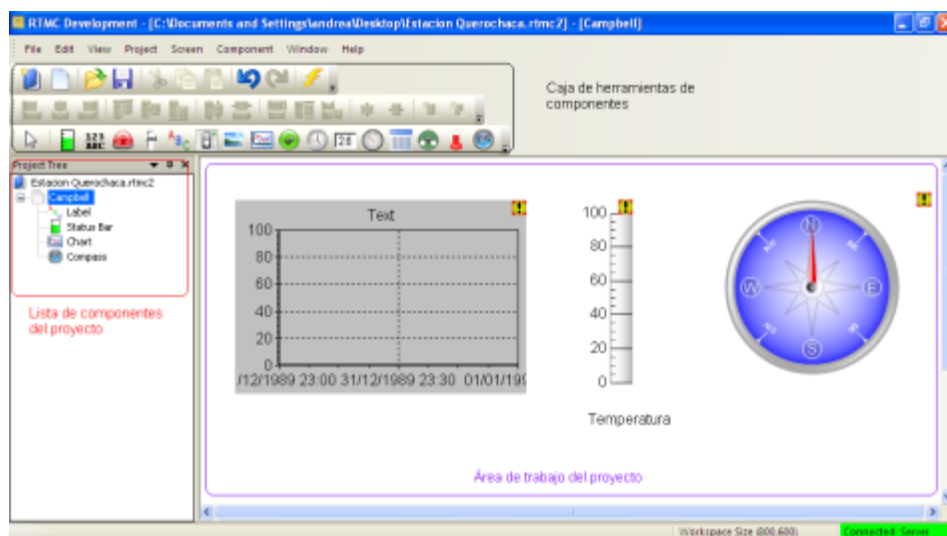


Figura 2.98: Pantalla RTMC

2.6.1.2 Modo de ejecución

Una vez construida la pantalla, se procede a guardar como un archivo. Se recomienda un nombre relacionado al proyecto realizado. El modo de ejecución del RTMC permite la visualización de la pantalla creada por el usuario en el modo de desarrollo.

2.6.2 DISEÑO DE LAS INTERFACES DEL HMI.

Las interfaces de la HMI necesitan cumplir con distintas características para la óptima comprensión del sistema por parte de los usuarios que lo manejen, entre ellas están:

- Fácil visualización del estado de la estación meteorológica y variables meteorológicas en la pantalla principal y en detalle.
- Gráficas en tiempo real en pantallas de detalle de variables meteorológicas.
- Tablas en tiempo real en pantallas de detalle de variables meteorológicas.

La navegación entre ventanas se la realiza con cada una de las pestañas claramente identificadas que existen en la parte superior de la pantalla.

a) Pantalla Principal.

En esta pantalla se puede monitorear el curso actual de las mediciones que realiza la estación meteorológica, donde se muestra el estado en tiempo real de las variables:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa
- Velocidad del viento.
- Radiación solar.
- Temperatura del suelo.
- Precipitación.

También se observa la hora en la que está trabajando el sistema.



Figura 2.99: Pantalla Principal.

Además existe un botón programado para abrir una ventana auxiliar denominada “View Pro 4.1” (Figura 2.100) que permitirá realizar el análisis de los datos recolectados de cada variable.

| TIMESTAMP | RECORD | AirT | RH | Rain mm | TOT | WS ms | WindDir | T107 C | SHOW |
|---------------------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|--------|------|
| 2012-10-01 16:00:00 | 0 | 20.46 | 46.29 | 2.286 | 4.763 | 333 | 21.91 | 0 | |
| 2012-10-01 16:30:00 | 1 | 20.01 | 46.9 | 0 | 0 | 169.4 | 21.77 | 0 | |
| 2012-10-01 17:00:00 | 2 | 20.89 | 41.68 | 0 | 0 | 169.4 | 21.52 | 0 | |
| 2012-10-01 17:30:00 | 3 | 19.76 | 44.67 | 0 | 0 | 169.3 | 21.30 | 0 | |
| 2012-10-01 18:00:00 | 4 | 18.9 | 47.74 | 0 | 0 | 169.3 | 21.05 | 0 | |
| 2012-10-01 18:30:00 | 5 | 18.33 | 49.2 | 0 | 0 | 169.3 | 20.49 | 0 | |
| 2012-10-01 19:00:00 | 6 | 18.06 | 49.75 | 0 | 0 | 169.3 | 20.08 | 0 | |
| 2012-10-01 19:30:00 | 7 | 17.96 | 50.4 | 0 | 0 | 169.3 | 19.97 | 0 | |
| 2012-10-01 20:00:00 | 8 | 17.9 | 50.81 | 0 | 0 | 169.4 | 19.92 | 0 | |
| 2012-10-01 20:30:00 | 9 | 17.83 | 52.32 | 0 | 0 | 169.4 | 19.69 | 0 | |
| 2012-10-01 21:00:00 | 10 | 17.7 | 54.32 | 0 | 0 | 169.4 | 19.64 | 0 | |
| 2012-10-01 21:30:00 | 11 | 17.63 | 55.96 | 0 | 0 | 169.4 | 19.64 | 0 | |
| 2012-10-01 22:00:00 | 12 | 17.6 | 56.16 | 0 | 0 | 169.4 | 19.63 | 0 | |
| 2012-10-01 22:30:00 | 13 | 17.49 | 56.1 | 0 | 0 | 169.4 | 19.57 | 0 | |
| 2012-10-01 23:00:00 | 14 | 17.49 | 56.98 | 0 | 0 | 169.4 | 19.51 | 0 | |
| 2012-10-02 15:00:00 | 15 | 18.55 | 53.2 | 0.254 | 0 | 169.4 | 19.41 | 0 | |
| 2012-10-02 15:30:00 | 16 | 19.03 | 52.32 | 0 | 0 | 169.4 | 19.86 | 0 | |
| 2012-10-02 16:00:00 | 17 | 20.93 | 46.97 | 0 | 0 | 169.4 | 20.03 | 0 | |
| 2012-10-02 16:30:00 | 18 | 22.23 | 42.34 | 0 | 0 | 169.4 | 20.33 | 0 | |
| 2012-10-02 17:00:00 | 19 | 20.39 | 46.66 | 0 | 0 | 169.4 | 20.52 | 0 | |
| 2012-10-02 17:30:00 | 20 | 19.15 | 49.75 | 0 | 0 | 169.3 | 20.41 | 0 | |
| 2012-10-02 18:00:00 | 21 | 18.61 | 49.62 | 0 | 0 | 169.3 | 20.17 | 0 | |
| 2012-10-02 18:30:00 | 22 | 18.34 | 49.55 | 0 | 0 | 169.4 | 19.98 | 0 | |
| 2012-10-02 19:00:00 | 23 | 18.24 | 50.71 | 0 | 0 | 169.4 | 19.89 | 0 | |
| 2012-10-02 19:30:00 | 24 | 18.31 | 51.63 | 0 | 0 | 169.4 | 19.89 | 0 | |
| 2012-10-03 12:30:00 | 25 | 18.59 | 51.23 | 0.254 | 0 | 169.4 | 17.83 | 0 | |
| 2012-10-08 16:00:00 | 26 | 18.24 | 59.67 | 0.254 | 0 | 176.4 | 18.45 | 0 | |
| 2012-10-08 16:30:00 | 27 | 18.58 | 57.25 | 0 | 0 | 176.4 | 19.36 | 0 | |

Figura 2.100: Pantalla para análisis de datos.

b) Pantalla de Temperatura y Humedad Relativa.

La pantalla de Temperatura y Humedad Relativa se observan en la figura 2.101, en esta pantalla se puede monitorear con un mayor detalle las variables meteorológicas Temperatura del aire y Humedad relativa.

Las funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada de las variables Temperatura y Humedad.
- Visualización numérica de las variables con una mayor precisión.
- Graficar las variables Temperatura y Humedad.
- Una tabla donde se almacenan las mediciones de Temperatura y Humedad de las últimas veinticuatro horas.

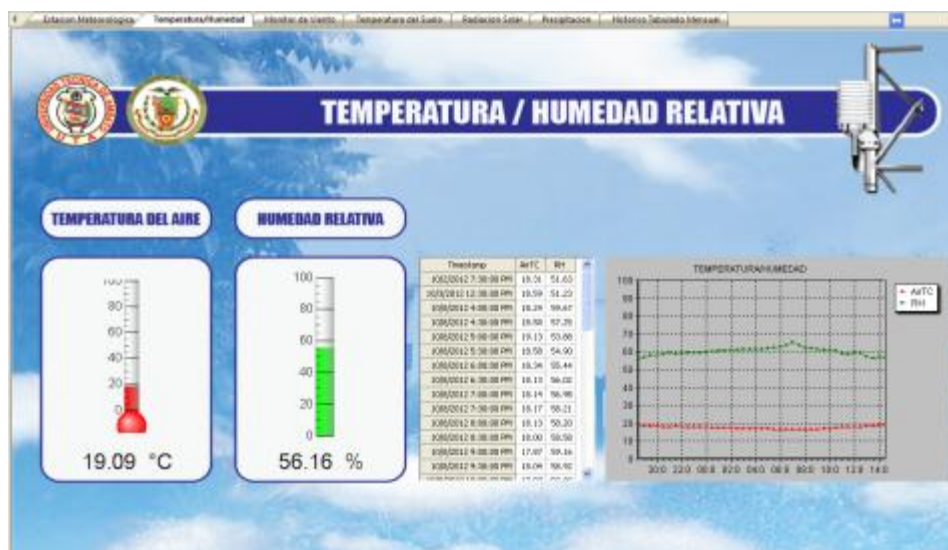


Figura 2.101: Pantalla Temperatura y Humedad.

c) Pantalla de Monitoreo del viento.

La pantalla de monitoreo del viento se observa en la figura 2.102. En esta pantalla se puede monitorear con un mayor detalle las variables meteorológicas Velocidad y Dirección del viento.

Las funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada de las variables Velocidad y Dirección del viento.
- Visualización numérica de las variables con una mayor precisión.
- Graficar las variables Dirección y Velocidad del Viento.
- Una tabla donde se almacenan las mediciones de Dirección y Velocidad del Viento de las últimas veinticuatro horas.



Figura 2.102: Pantalla Monitor del viento.

d) Pantalla de Temperatura del suelo.

La pantalla Temperatura del Suelo se observa en la figura 2.103. En esta pantalla se puede monitorear con un mayor detalle la variable meteorológica temperatura del suelo.

Las funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada de la variable Temperatura del suelo.
- Visualización numérica de la variable con una mayor precisión.
- Graficar la variable Temperatura del suelo.
- Una tabla donde se almacenan las mediciones de Temperatura del suelo de las últimas veinticuatro horas.

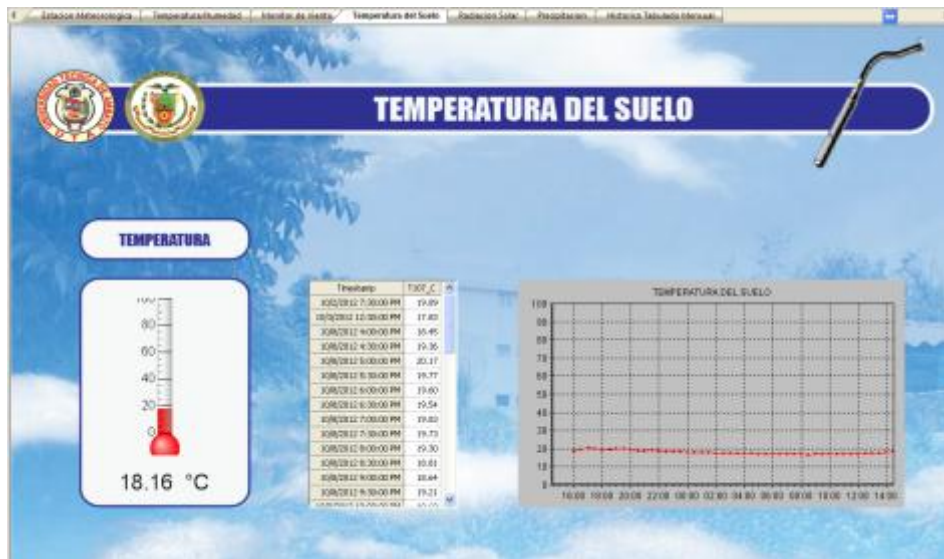


Figura 2.103: Pantalla Temperatura del suelo.

e) Pantalla de Radiación solar.

La pantalla Radiación Solar se observa en la figura 2.104. En esta pantalla se puede monitorear con un mayor detalle la variable meteorológica Radiación solar.

Las funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada de la variable Radiación solar.
- Visualización numérica de la variable con una mayor precisión.
- Grafica la variable Radiación solar.
- Una tabla donde se almacenan las mediciones de Radiación solar de las últimas veinticuatro horas.

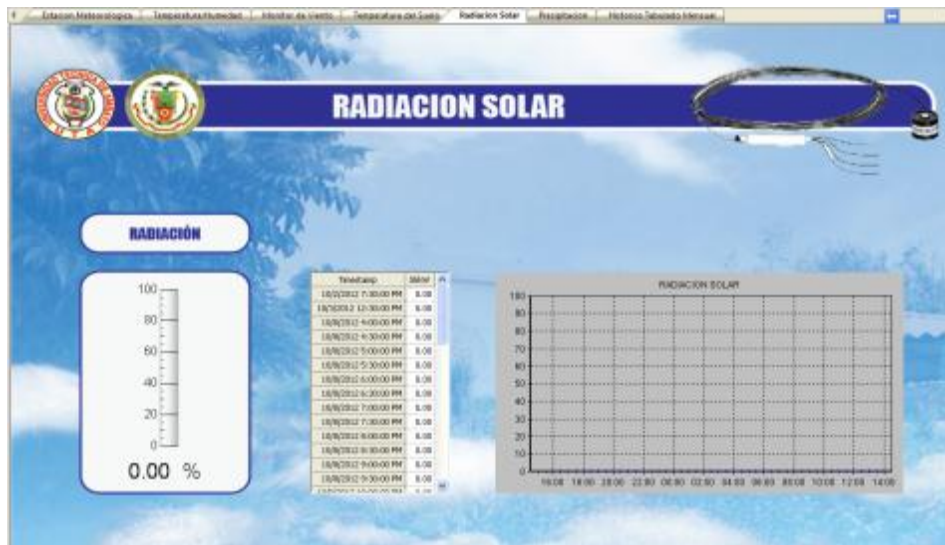


Figura 2.104: Pantalla Radiación solar.

f) Pantalla de Precipitación.

La pantalla Precipitación se observa en la figura 2.105. En esta pantalla se puede monitorear con un mayor detalle la variable meteorológica Precipitación.

Las funcionalidades de esta pantalla son:

- Visualización animada de la variable Precipitación.
- Visualización numérica de la variable con una mayor precisión.
- Graficar la variable Precipitación.
- Una tabla donde se almacenan las mediciones de Precipitación de las últimas 24 horas.

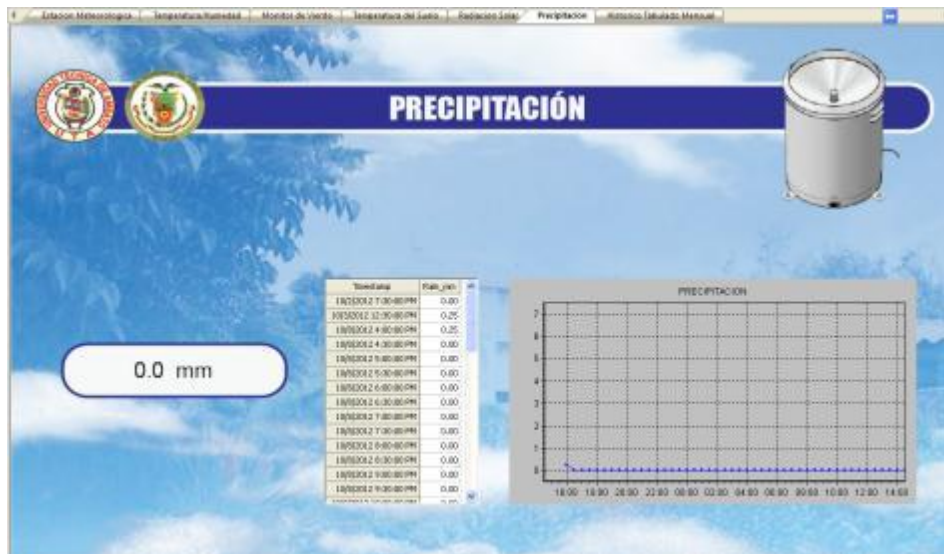


Figura 2.105: Pantalla Precipitación.

g) Histórico Tabulado Mensual.

La pantalla Histórico Tabulado Mensual se observa en la figura 2.106. En esta pantalla se encuentran todas las mediciones adquiridas por la estación meteorológica en un periodo de un mes.



2.106: Pantalla Histórico/Tabulado Mensual.

2.7 DISEÑO DE PÁGINA WEB.

La utilización de Adobe Illustrator permitió el diseño de la página web que será introducida dentro de la página web principal de la Universidad Técnica de Ambato (Figura 2.107).



Figura 2.107. Diseño de página web.

La página web fue creada con el criterio:

- El usuario puede visualizar la última medición de todas las variables físicas de la estación meteorológica de la última actualización de la página web.
- Cuenta con información de localización y situación geográfica donde se encuentra instalada y realizando mediciones la estación meteorológica.
- Si el usuario desea revisar datos meteorológicos anteriores, deberá realizar una búsqueda mediante una fecha de inicio y una fecha de finalización de los datos de interés.

La página web debe ser actualizada manualmente por personal universitario. El trabajo se lo realizó de esta manera por políticas internas

de la propia universidad. La actualización de los datos corresponde a que el encargado de la página web meteorológica debe ingresar con un pin y una clave específica entregada por el departamento de informática de la Universidad Técnica de Ambato,

La programación de la página web se la realizó en el programa Adobe Dreamweaver obteniendo finalmente la página web que se va a presentar a todos los usuarios. (Figura 2.108).



Figura 2.108: Página web de la estación meteorológica Querochaca.

Para la búsqueda de datos históricos en la página web de la estación meteorológica se introducen las fechas de los datos de interés en las casilla “Fecha Desde” y “Fecha Hasta” y se selecciona “go” para realizar la búsqueda.

CAPÍTULO 3

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el óptimo funcionamiento del sistema de monitoreo de la estación meteorológica Querochaca se realizaron las siguientes pruebas:

3.1 PRUEBAS DE SENSORES.

Una vez realizada la configuración de los distintos sensores en el datalogger, se debe realizar pruebas individuales de cada uno de los sensores para comprobar el correcto funcionamiento de los sensores y proceder con la instalación de la estación meteorológica.

Todas las pruebas se desarrollaron en el INAMHI, utilizando sus equipos (calibradores y sensores patrones) para garantizar los valores obtenidos en cada una de las pruebas.

Todos los sensores fueron conectados al datalogger y se estableció una comunicación física entre el datalogger y el computador.

3.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE.

Con la ayuda del sensor patrón “Fluke 5626” y el banco de pruebas “Thunder Scientific 2500”. Se obtuvo la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Prueba del sensor de temperatura.

| RH (%) | VALOR (°C) | PATRÓN (°C) | INSTRUMENTO (°C) |
|--------|------------|-------------|------------------|
| 20 | 10 | 10,281 | 10,301 |
| 20 | 20 | 20,110 | 20,195 |
| 20 | 30 | 30,201 | 30,186 |
| 20 | 40 | 39,821 | 39,791 |

Analizando estadísticamente los valores obtenidos en la tabla 3.1 con una “Prueba de t para medias de dos muestras emparejadas” se puede comprobar matemáticamente si los datos que conforman la tabla 3.1 son iguales. La prueba de t se realiza con la ayuda de Microsoft Excel y el resultado se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Prueba de t para valores del sensor de temperatura.

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas | | |
|--|--------------|-------------|
| | Patrón | Instrumento |
| Número de muestras | 4 | 4 |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0,999995152 | |
| Estadístico t | -0,586471691 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,598767285 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 5,840909309 | |

Interpretando los datos de la tabla 3.2:

- Los datos de la tablas son iguales siempre y cuando el “Valor critico de t” sea mayor que el “Valor estadístico t”, se observa que $5.8409 > 0.5864$ confirmando que los datos son iguales al 1% de confiabilidad.
- Expresado, el coeficiente de correlación de Pearson mientras más se acerque a 1 garantiza que los datos en la tabla 3.1 son similares.

3.1.2 SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA.

Con la ayuda del sensor patrón “RH Systems” y el banco de pruebas “Thunder Scientific 2500”. Se obtuvo la tabla 3.3 que contiene los datos de prueba del sensor de humedad relativa.

Tabla 3.3 Prueba del sensor de humedad relativa.

| T (°C) | VALOR (%) | PATRÓN (%) | INSTRUMENTO (%) |
|-----------|--------------|---------------|--------------------|
| 25 | 20 | 20,27 | 20,182 |
| 25 | 40 | 40,05 | 40,142 |
| 25 | 60 | 59,96 | 60,155 |
| 25 | 80 | 79,87 | 79,981 |

Realizando el análisis estadístico “Prueba de t para medias de dos muestras emparejadas” en Microsoft Excel de las mediciones de prueba del sensor de humedad relativa, se comprueba matemáticamente que los datos que conforman la tabla 3.3 son iguales.

Tabla 3.4 Prueba de t para valores del sensor de humedad relativa.

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas | | |
|--|-------------|-------------|
| | Patrón | Instrumento |
| Número de muestras | 4 | 4 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,99999545 | |
| Estadístico t | -1,30181640 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,28392172 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 5,84090930 | |

Interpretando los datos de la tabla 3.4:

- El “Valor crítico de t” es mayor que el “Valor estadístico t”, $5,84090930 > 1,30181640$ confirmando que los datos son iguales al 1% de confiabilidad.

- Otro refuerzo a este criterio lo expresa el coeficiente de correlación de Pearson que se acerca a 1 garantizando que los datos en la tabla 3.3 son similares.

3.1.3 SENSOR DE LLUVIA.

Con la ayuda del “Kit de calibración pluviométrico de campo FCO-653” se obtuvo la tabla 3.5 que contiene los datos de prueba del sensor de precipitación.

Tabla 3.5 Prueba del sensor de precipitación.

| PRUEBA # | REFERENCIA (mm) | NÚMERO DE BALANCEOS | SENSOR (mm) |
|----------|-----------------|---------------------|-------------|
| 1 | 20,5 | 81 | 20,25 |
| 2 | 20,5 | 80 | 20,0 |
| 3 | 20,5 | 81 | 20,25 |

Realizando el análisis estadístico “Prueba de t para medias de dos muestras emparejadas” en Microsoft Excel de las mediciones de prueba del sensor de precipitación, se comprueba matemáticamente que los datos que conforman la tabla 3.6 son iguales.

Tabla 3.6 Prueba de t para valores del sensor de precipitación.

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas | | |
|--|------------|-------------|
| | Patrón | Instrumento |
| Número de muestras | 3 | 3 |
| Estadístico t | 4 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,05719096 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 9,9248432 | |

Interpretando los datos de la tabla 3.6:

- El “Valor crítico de t” es mayor que el “Valor estadístico t”, $9,9248432 > 4$ confirmando que los datos son iguales al 1% de confiabilidad.

3.1.4 SENSOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO.

Con la ayuda del calibrador “Young 18811” se obtuvo la tabla 3.7 que contiene los datos de prueba del sensor de velocidad del viento.

Tabla 3.7 Prueba del sensor de velocidad del viento.

| CALIBRADOR (RPM) | REFERENCIA (m/seg) | SENSOR (m/seg) |
|---------------------|-----------------------|-------------------|
| 20 | 0,098 | 0,096 |
| 40 | 0,196 | 0,193 |
| 200 | 0,980 | 0,979 |
| 250 | 1,225 | 1,222 |
| 550 | 2,695 | 2,689 |
| 600 | 2,940 | 2,949 |
| 950 | 4,655 | 4,641 |
| 990 | 4,851 | 4,854 |

Realizando el análisis estadístico “Prueba t para medias de dos muestras emparejadas” en Microsoft Excel de las mediciones de prueba del sensor de velocidad del viento, se comprueba matemáticamente que los datos que conforman la tabla 3.7 son iguales.

Tabla 3.8 Prueba t para valores del sensor de velocidad del viento.

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas | | |
|--|------------|-------------|
| | Patrón | Instrumento |
| Número de muestras | 8 | 8 |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0,9999938 | |
| Estadístico t | 0,9048187 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,39563442 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 3,4994833 | |

Interpretando los datos de la tabla 3.8:

- El “Valor crítico de t” es mayor que el “Valor estadístico t”, $3,4994833 > 0,9048187$ confirmando que los datos son iguales al 1% de confiabilidad.
- Otro refuerzo a este criterio es el coeficiente de correlación de Pearson que se acerca a 1 garantizando que los datos en la tabla 3.7 son similares.

3.1.5 SENSOR DE DIRECCIÓN DEL VIENTO.

Con la ayuda de una brújula y un graduador de 360° se obtuvo la tabla 3.9 que contiene los datos de prueba del sensor de velocidad del viento.

Tabla 3.9 Prueba del sensor de dirección del viento.

| DIRECCIÓN | REFERENCIA (°) | SENSOR (°) |
|-----------|-----------------------|----------------------------|
| Norte | $360^\circ - 0^\circ$ | $359,4^\circ - 0,25^\circ$ |
| Este | 90° | $90,56^\circ$ |
| Sur | 180° | $180,12^\circ$ |
| Oeste | 270° | $270,37^\circ$ |

Realizando el análisis estadístico “Prueba t para medias de dos muestras emparejadas” en Microsoft Excel de los valores de la prueba del sensor de dirección del viento, se comprueba matemáticamente que los datos que conforman la tabla 3.9 son iguales.

Tabla 3.10 Prueba de t para valores del sensor de dirección del viento.

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas | | |
|--|-------------|-------------|
| | Patrón | Instrumento |
| Número de muestras | 4 | 4 |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0,99999494 | |
| Estadístico t | -0,39032335 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,72236202 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 5,84090931 | |

Interpretando los datos de la tabla 3.10:

- El “Valor crítico t” es mayor que el “Valor estadístico t”, $5,8409093 > 0,39032335$ confirmando que los datos son iguales al 1% de confiabilidad.
- Otro refuerzo a este criterio es el coeficiente de correlación de Pearson que se acerca a 1 garantizando que los datos en la tabla 3.9 son similares.

3.1.6 SENSOR DE TEMPERATURA DEL SUELO.

Con la ayuda del sensor patrón “Fluke 5626” y el banco de pruebas “Thunder Scientific 2500”, se obtuvo la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Prueba del sensor de temperatura.

| RH (%) | VALOR (°C) | PATRÓN (°C) | INSTRUMENTO (°C) |
|--------|------------|-------------|------------------|
| 20 | 10 | 10,141 | 10,197 |
| 20 | 20 | 19,981 | 20,154 |
| 20 | 30 | 29,896 | 30,111 |
| 20 | 40 | 39,997 | 40,131 |

Realizando el análisis estadístico “Prueba t para medias de dos muestras emparejadas” en Microsoft Excel de los valores de la prueba del sensor

de temperatura, se comprueba matemáticamente que los datos que conforman la tabla 3.11 son iguales.

Tabla 3.12 Prueba de t para valores del sensor de temperatura.

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas | | |
|--|-------------|-------------|
| | Patrón | Instrumento |
| Número de muestras | 4 | 4 |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0,99998996 | |
| Estadístico t | -4,27269895 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,02353569 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 5,84090931 | |

Interpretando los datos de la tabla 3.12:

- El “Valor crítico de t” es mayor que el “Valor estadístico t”, $5,84090931 > 4,27269895$ confirmando que los datos son iguales al 1% de confiabilidad.
- El coeficiente de correlación de Pearson se acerca a 1 garantizando que los datos en la tabla 3.11 son similares.

3.1.7 SENSOR DE RADIACIÓN SOLAR.

Con la ayuda del “pirómetro LP02-L” como referencia. Se obtuvo la tabla 3.13.

Tabla 3.13 Prueba del sensor de radiación solar.

| HORA | REFERENCIA (w/m ²) | INSTRUMENTO (w/m ²) |
|-------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 08:30 | 240,76 | 240,781 |
| 10:30 | 858,23 | 857,996 |
| 12:30 | 1097,49 | 1097,450 |
| 14:30 | 603,81 | 603,795 |
| 16:30 | 549,53 | 549,601 |

Realizando el análisis estadístico “Prueba t para medias de dos muestras emparejadas” en Microsoft Excel de los valores de la prueba del sensor de radiación solar, se comprueba matemáticamente que los datos que conforman la tabla 3.13 son iguales.

Tabla 3.14 Prueba de t para valores del sensor de radiación solar.

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas | | |
|--|------------|-------------|
| | Patrón | Instrumento |
| Número de muestras | 5 | 5 |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0,99999995 | |
| Estadístico t | 0,75614747 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,49164963 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 4,60409487 | |

Interpretando los datos de la tabla 3.14:

- El “Valor crítico de t” es mayor que el “Valor estadístico t”, $4,60409487 > 0,75614747$ confirmando que los datos son iguales al 1% de confiabilidad.
- El coeficiente de correlación de Pearson se acerca a 1 garantizando que los datos en la tabla 3.13 son similares.

3.2 PRUEBA DE MÓDULOS DE COMUNICACIÓN.

Terminada la configuración de los módulos XBee Pro mediante el programa X-CTU se debe realizar una prueba de comunicación entre los dos módulos, la prueba se realizara mediante el Hyperterminal del computador.

Para realizar la prueba de comunicación, cada módulo debe tener una sesión de Hyperterminal.

Al iniciar la sesión hyperterminal se deben realizar configuraciones para cada módulo.

Configuración del hyperterminal para módulo coordinador.

Al iniciar la sesión del hyperterminal, se debe designar un nombre y un icono a la comunicación que se desea establecer (Figura 3.1). En esta ocasión se nominará “COORDINADOR”, el icono no es una parte fundamental por lo que se puede elegir cualquiera de las opciones que brinda el hyperterminal.



Figura 3.1: Designación del nombre de la comunicación COORDINADOR

Otro paso es la selección del puerto de comunicación que utiliza el módulo coordinador. (Figura 3.2).

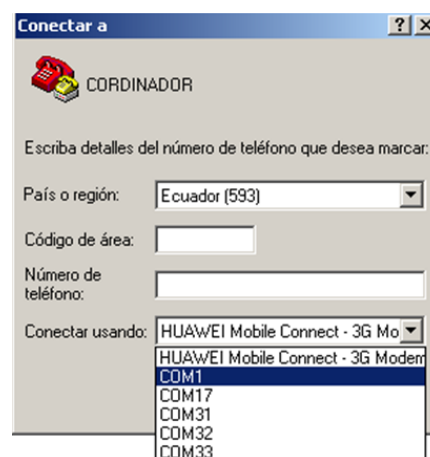


Figura 3.2: Selección del puerto de la comunicación.

Una vez seleccionado el puerto de comunicación, es importante que todas las opciones de configuración del puerto sean idénticas a las opciones programadas el módulo XBee Pro. (Figura 3.3).

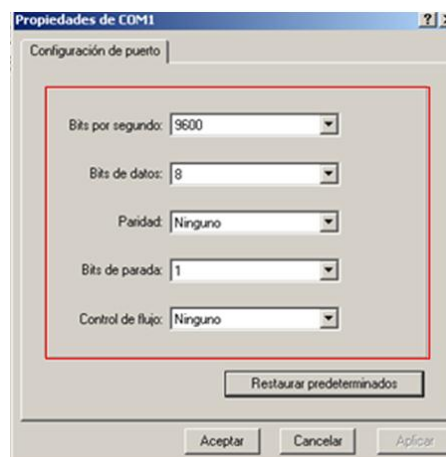


Figura 3.3: Configuración del puerto de la comunicación.

Configuración del hyperterminal para módulo router.

De manera similar a la configuración del coordinador, se debe designar un nombre y un icono a la comunicación que se desea establecer (Figura 3.4). En esta ocasión se denominará "ROUTER" a la comunicación, el icono se puede elegir cualquiera de las opciones que brinda el hyperterminal.



Figura 3.4: Designación del nombre de la comunicación ROUTER

Otro paso es la selección del puerto de comunicación que utiliza el módulo router. (Figura 3.5).

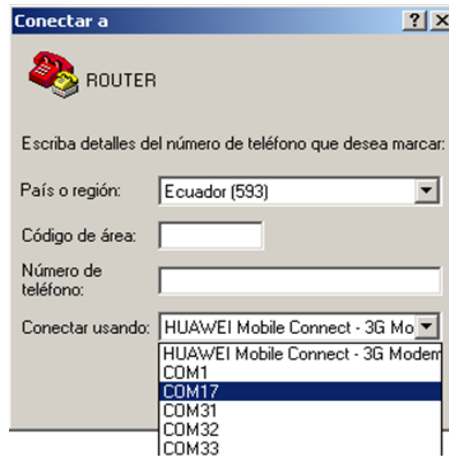


Figura 3.5: Selección del puerto de la comunicación.

Una vez seleccionado el puerto de comunicación, es importante que todas las opciones de configuración del puerto sean idénticas a las opciones programadas el módulo XBee Pro. (Figura 3.6).

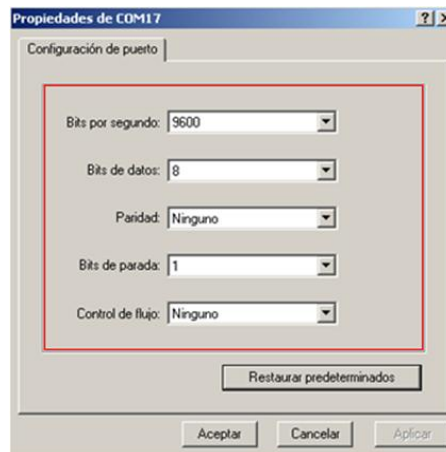


Figura 3.6: Configuración del puerto de la comunicación.

Finalizada la configuración de las dos ventanas del Hyperterminal, los módulos se encuentran listos para realizar la prueba de comunicación.

Prueba de comunicación entre módulos XBee Pro.

Para realizar esta prueba se enviará un mensaje desde el coordinador, el que se podrá mirar en la ventana de comunicación del router, de la misma manera se enviará un mensaje desde el router que debe ser visualizado en el coordinador.

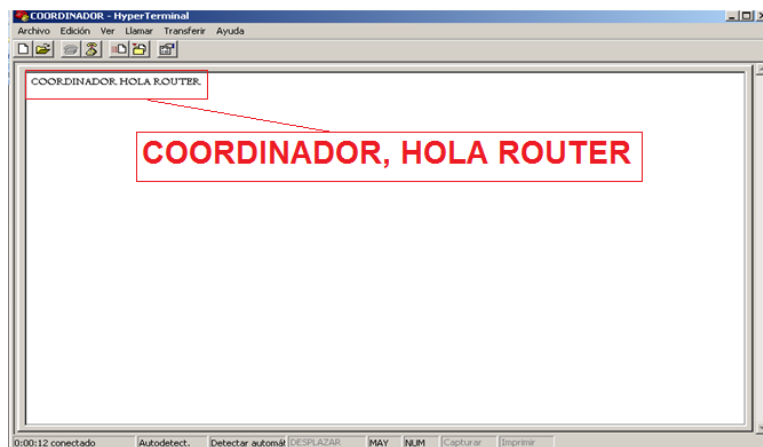


Figura 3.7: Mensaje del coordinador hacia el router.

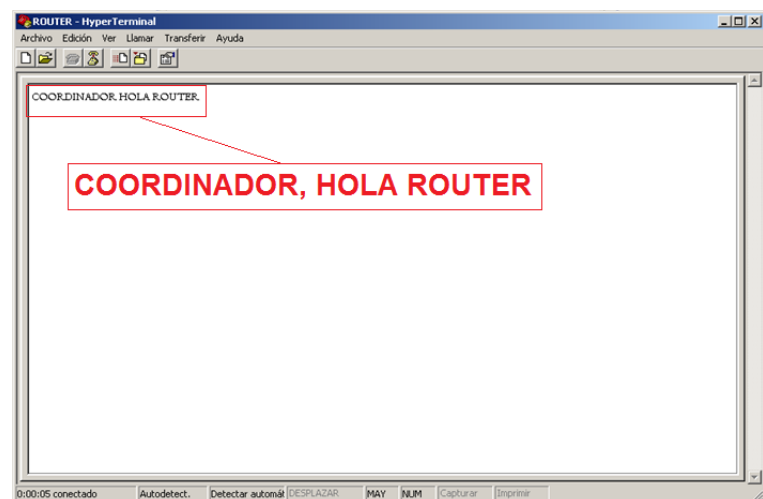


Figura 3.8: Mensaje recibido en el router.

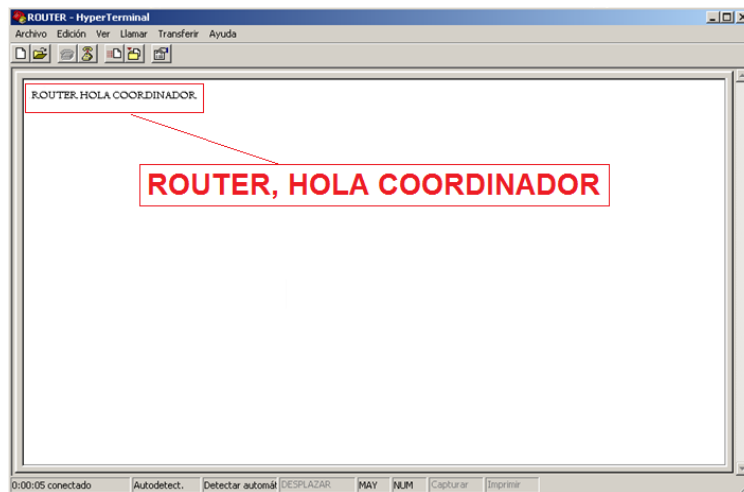


Figura 3.9: Mensaje del router hacia el coordinador.

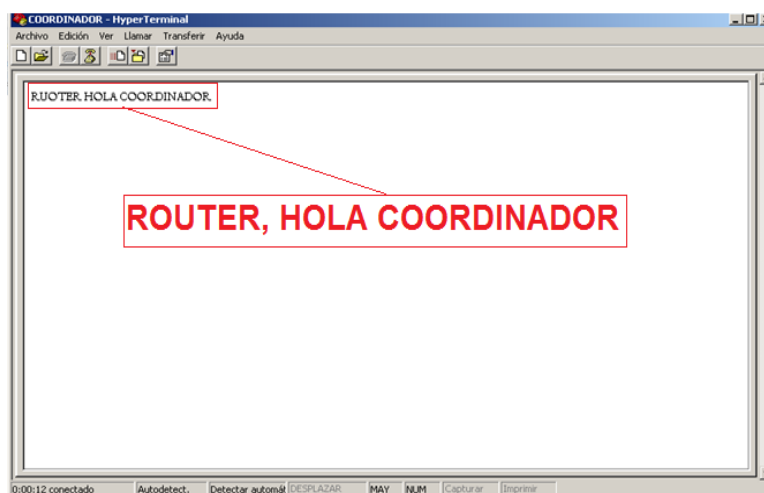


Figura 3.10: Mensaje recibido en el coordinador.

Por los resultados obtenidos en las pruebas, se puede decir que los módulos se encuentran correctamente programados y se encuentran funcionando correctamente.

3.3 PRUEBA DE ENLACE DE COMUNICACIÓN.

Teniendo la certeza de que la prueba de los sensores y la prueba de los módulos de comunicación arrojaron resultados favorables, se procede a realizar la prueba del enlace de comunicación, esta prueba consiste en

verificar el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo implantado en la estación meteorológica.

Para realizar esta prueba, todos los elementos que conforman la estación meteorológica Querochaca se instalaron en el lugar donde va a funcionar definitivamente, los módulos XBee Pro de comunicación inalámbrica se colocaron en su lugar, el módulo coordinador debe ser conectado en la computadora donde se realiza el monitoreo de la estación meteorológica y el módulo router debe ser conectado en la estación meteorológica.

También se debe cargar el programa LoggerNet en el computador donde se realiza el monitoreo de la estación meteorológica.

Para iniciar la prueba de enlace de comunicación, se procede a abrir el programa LoggerNet en el cual se selecciona la opción “Status Monitor” (Figura 3.11), esta aplicación permite monitorear o probar la comunicación entre el computador y la estación meteorológica.



Figura 3.11: Aplicación para monitoreo de la comunicación.

La pantalla “Status Monitor” (Figura 3.12) permite visualizar:

- El puerto que se está utilizando para la comunicación.
- El tipo de datalogger con quien se está comunicando.

- El estado en que se encuentra el puerto y el datalogger.
- El estado de la recolección de datos.
- La última fecha/hora en que se recolectó datos.
- La próxima fecha/hora en que se recolectarán datos.
- Número de Valores recolectados en la última recolección de datos.
- Número valores que deben ser recolectados en la próxima recolección de datos.

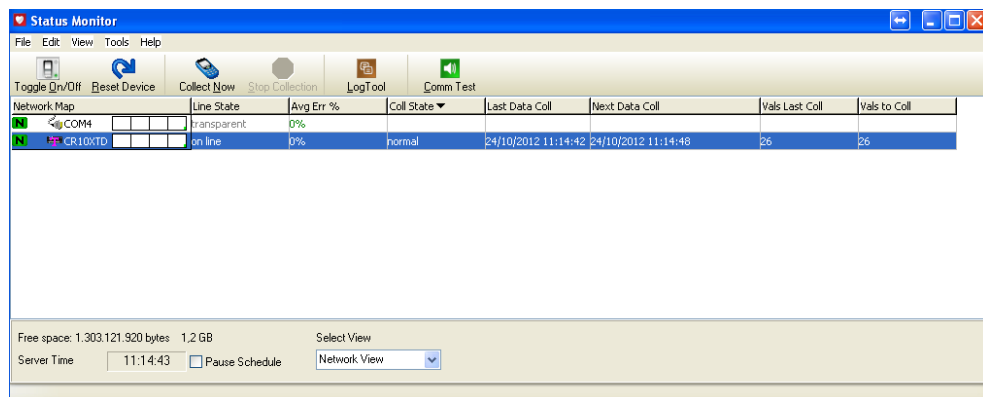


Figura 3. 12: Pantalla “Status Monitor”.

En la pantalla Status Monitor se encuentra la opción “Comm Test” la que permite realizar una prueba de comunicación. Para realizar la prueba se debe señalar al datalogger y el indicador de estado de la prueba pasará de color plomo a azul lo que significa que está listo para realizar la prueba, al seleccionar la opción “Test” el indicador pasará a ser amarillo indicando que se encuentra realizando la prueba de comunicación, si el indicador se torna de color verde, significa que la prueba fue exitosa y existe una correcta comunicación entre el datalogger y el computador. (Figura 3.13)

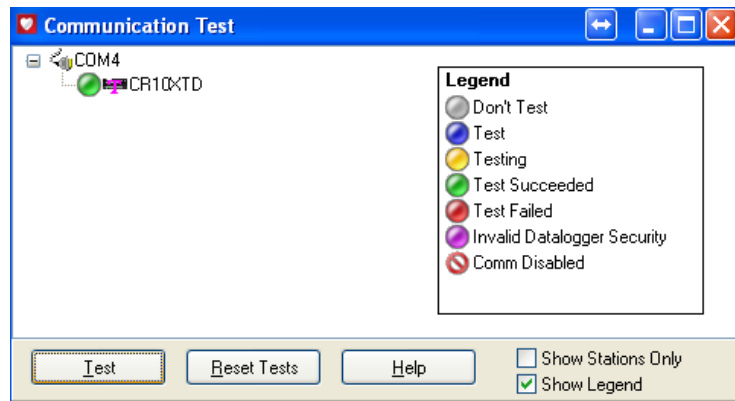


Figura 3.13: Prueba de comunicación.

Otra opción de la pantalla Status Monitor es “LogTool” (Figura 3.14). La que permite visualizar las operaciones que realiza el computador y el datalogger para establecer el intercambio de información.

En la pantalla se puede visualizar:

- Como el puerto de comunicación de la computadora se abre para iniciar la comunicación.
- La recolección programada en el datalogger es activada.
- Los paquetes de información son intercambiados entre el computador y el datalogger, cada una de las tablas que fueron configuradas en el datalogger son recolectadas.
- El archivo Variables.DAT es actualizado.
- Se confirma el envío y la recepción de los paquetes de información.
- Finalmente se observa como el puerto de comunicación es cerrado.

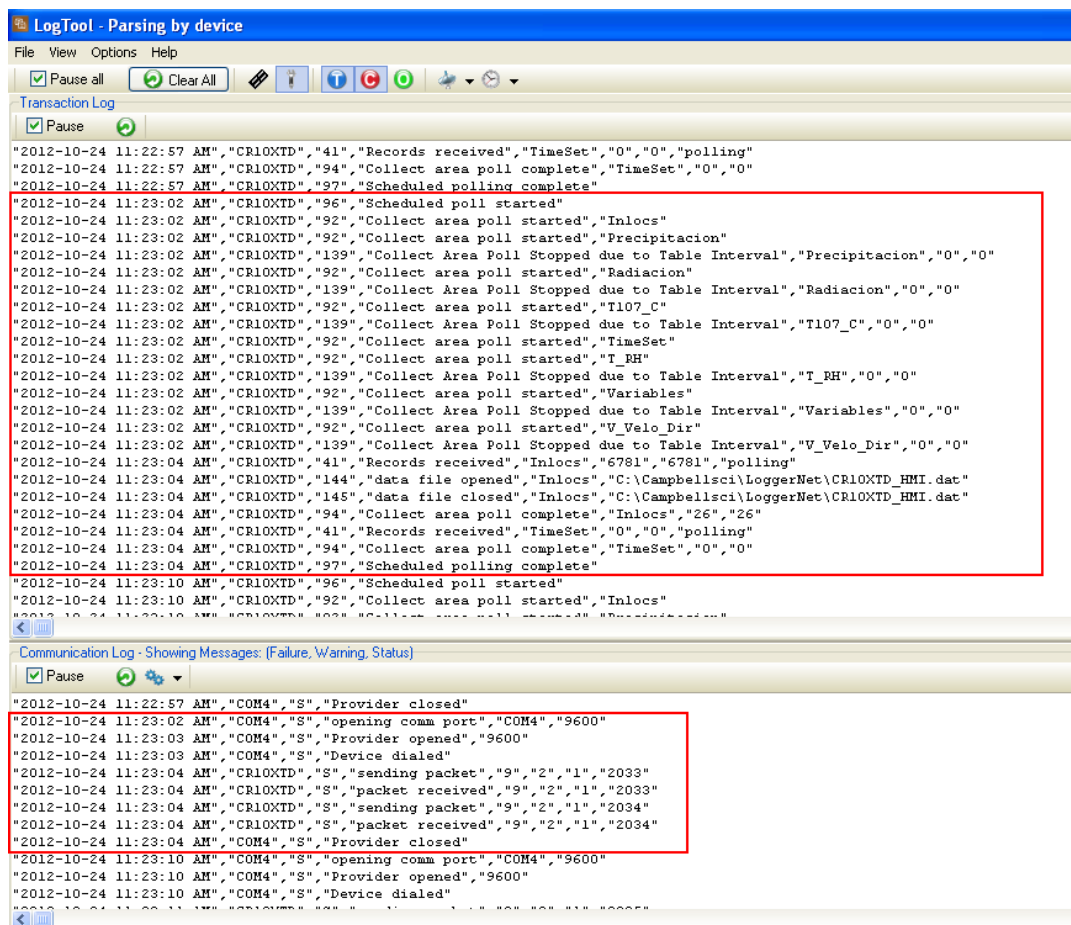


Figura 3.14: Intercambio de información entre computador y datalogger.

Asegurada la comunicación entre la estación meteorológica y la computadora de monitoreo, se despliega la opción “Connect” que se encuentra en LoggerNet. (Figura 3.15).

La opción “Table Monitor” permite seleccionar la tabla que se desea visualizar, como toda la información que recolecta el datalogger se encuentra tabulada, se escoge la tabla Inlocs, esta tabla es utilizada por el HMI ya que se actualiza cada 6 segundos para tener un monitoreo en tiempo real de la variables meteorológicas.

En esta pantalla se pueden visualizar las mediciones de cada una de las variables meteorológicas que se están siendo adquiridas por la estación .

tabla poseen un valor proporcional al fenómeno físico medido por la estación meteorológica.

Los valores que se encuentran en la tabla Variables ratifica que existe una correcta comunicación entre la estación meteorológica y el computador que realiza el monitoreo.

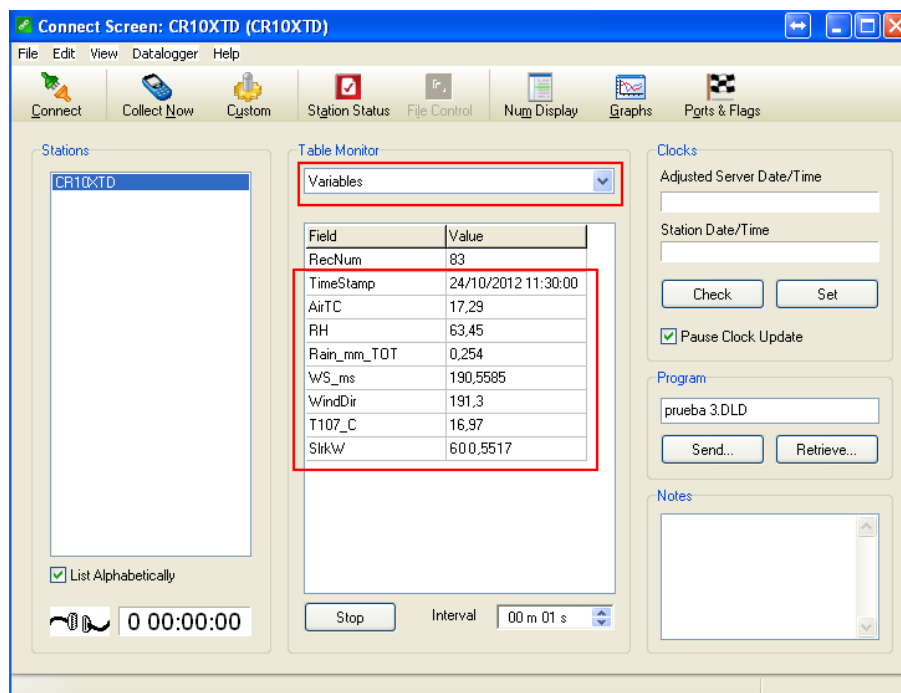


Figura 3.16: Datos de mediciones de tabla Variables.

Analizando todas las pruebas llevadas a cabo en la estación meteorológica Querochaca y en el computador de monitoreo se puede afirmar que el sistema de monitoreo remoto implantado con los módulos XBee Pro está funcionando con absoluta normalidad.

3.4 PRUEBA DEL SISTEMA HMI.

El sistema HMI cuenta con siete pantallas para el monitoreo de la estación meteorológica, se realizaron pruebas de cada una de las pantallas para verificar su correcto funcionamiento.

Para la prueba de funcionamiento de cada pantalla del sistema HMI se debe encender el computador de monitoreo e iniciar la aplicación Run Time de LoggerNet la cual ejecuta el HMI diseñado para la estación meteorológica.

3.4.1 Pantalla Principal.

En esta pantalla se probó el monitoreo de las variables temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, temperatura del suelo y precipitación de la estación meteorológica Querochaca y el funcionamiento del botón denominado históricos, obteniendo como resultados la tabla 3.15.

Tabla 3.15 Prueba de pantalla Estación Meteorológica.

| FUNCIONES | ESTADO |
|--|--------|
| Visualización del valor actual de la variable temperatura del aire. | OK |
| Visualización del valor actual de la variable humedad relativa. | OK |
| Visualización del valor actual de la variable velocidad del viento. | OK |
| Visualización del valor actual de la variable radiación solar. | OK |
| Visualización del valor actual de la variable temperatura del suelo. | OK |
| Visualización del valor actual de la variable precipitación. | OK |
| Ingreso a pantalla View Pro 4.1 | OK |

3.4.2 Pantalla Temperatura/Humedad Relativa.

En esta pantalla se probó el monitoreo de las variables temperatura del aire y humedad relativa de la estación meteorológica Querochaca en una forma más detallada, obteniendo como resultados la tabla 3.16.

Tabla 3.16 Prueba de pantalla Temperatura/Humedad Relativa.

| FUNCIONES | ESTADO |
|--|---------------|
| Visualización del valor actual de la variable temperatura del aire. | OK |
| Visualización animada del valor de la variable temperatura del aire. | OK |
| Visualización del valor actual de la variable humedad relativa. | OK |
| Visualización animada del valor de la variable humedad relativa. | OK |
| Tabulación de las mediciones registradas en el transcurso del día. | OK |
| Graficado de las variables temperatura del aire y humedad relativa | OK |

3.4.3 Pantalla Monitor de Viento.

En esta pantalla se probó el monitoreo de las variables velocidad del viento y dirección del viento de la estación meteorológica Querochaca en una forma más detallada, obteniendo como resultados la tabla 3.17.

Tabla 3.17 Prueba de pantalla Temperatura/Humedad Relativa.

| FUNCIONES | ESTADO |
|--|---------------|
| Visualización del valor actual de la variable velocidad del viento. | OK |
| Visualización animada del valor de la variable velocidad del viento. | OK |
| Visualización del valor actual de la variable dirección del viento. | OK |
| Visualización animada del valor de la variable dirección del viento. | OK |
| Tabulación de las mediciones registradas en el transcurso del día. | OK |
| Graficado de las variables velocidad y dirección del viento. | OK |

3.4.4 Pantalla Temperatura del Suelo.

En esta pantalla se probó el monitoreo de la variable temperatura del suelo de la estación meteorológica Querochaca en una forma más detallada, obteniendo como resultados la tabla 3.18.

Tabla 3.18 Prueba de pantalla Temperatura del Suelo.

| FUNCIONES | ESTADO |
|---|---------------|
| Visualización del valor actual de la variable temperatura del suelo. | OK |
| Visualización animada del valor de la variable temperatura del suelo. | OK |
| Tabulación de las mediciones registradas en el transcurso del día. | OK |
| Graficado de las variables velocidad y dirección del viento. | OK |

3.4.5 Pantalla Radiación Solar.

En esta pantalla se probó el monitoreo de la variable radiación solar de la estación meteorológica Querochaca en una forma más detallada, obteniendo como resultados la tabla 3.19.

Tabla 3.19 Prueba de pantalla Radiación Solar.

| FUNCIONES | ESTADO |
|--|---------------|
| Visualización del valor actual de la variable radiación solar. | OK |
| Visualización animada del valor de la variable radiación solar. | OK |
| Tabulación de las mediciones registradas en el transcurso del día. | OK |
| Graficado de las variables velocidad y dirección del viento. | OK |

3.4.6 Pantalla Precipitación.

En esta pantalla se probó el monitoreo de la variable precipitación de la estación meteorológica Querochaca en una forma más detallada, obteniendo como resultados la tabla 3.20.

Tabla 3.20 Prueba de pantalla Radiación Solar.

| FUNCIONES | ESTADO |
|--|---------------|
| Visualización del valor actual de la variable precipitación. | OK |
| Visualización animada del valor de la variable precipitación. | OK |
| Tabulación de las mediciones registradas en el transcurso del día. | OK |
| Graficado de las variables velocidad y dirección del viento. | OK |

3.4.7 Pantalla Histórico/Tabulado/Mensual.

En esta pantalla se probó la tabulación de las variables temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, temperatura del suelo y precipitación de la estación meteorológica Querochaca, obteniendo como resultados la tabla 3.21.

Tabla 3.21 Prueba de pantalla Histórico/Tabulado/Mensual.

| FUNCIONES | ESTADO |
|--|---------------|
| Tabulación de las mediciones de la variable temperatura del aire. | OK |
| Tabulación de las mediciones de la variable humedad relativa. | OK |
| Tabulación de las mediciones de la variable precipitación. | OK |
| Tabulación de las mediciones de la variable dirección del viento. | OK |
| Tabulación de las mediciones de la variable velocidad del viento. | OK |
| Tabulación de las mediciones de la variable temperatura del suelo. | OK |
| Tabulación de las mediciones de la variable radiación solar. | OK |

Analizando todas las pruebas llevadas a cabo en el HMI de la estación meteorológica Querochaca se puede afirmar que el sistema de monitoreo está funcionando con absoluta normalidad.

3.5 PRUEBA DE PUBLICACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS EN LA PÁGINA WEB DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

Teniendo la certeza de que las pruebas de comunicación y funcionamiento de la interface hombre máquina fueron exitosas, se procede a realizar la prueba de funcionamiento de la página web de la estación meteorológica Querochaca, para lo cual se ingresa en la página web de la Universidad Técnica de Ambato y se debe buscarla Facultad de Ingeniería Agronómica donde se encuentra un enlace para acceder a la página de la estación meteorológica Querochaca.

El enlace que se nombró como Estación Meteorológica Querochaca brinda la posibilidad de acceder a la información meteorológica proveniente de la estación meteorológica. (Figura 3.17)



Figura 3.17: Página web de la estación meteorológica Querochaca.

Como se planificó el usuario en una primera instancia podrá visualizar la última medición de todas las variables físicas de la estación meteorológica de la última actualización de la página web.

Para tener acceso a datos meteorológicos anteriores, se debe realizar una búsqueda mediante una fecha de inicio y una fecha de finalización de los datos de interés con lo cual se despliega otra ventana con las mediciones requeridas. (Figura 3.18)



Figura 3.18: Visualización de datos meteorológicos específicos.

3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Observando los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas en el sistema de monitoreo de la estación meteorológica Querochaca se puede afirmar que el sistema de monitoreo implantado en la misma funciona correctamente y satisface las expectativas.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.

Al finalizar el proyecto de “Repotenciación y mejoramiento del sistema de monitoreo de variables ambientales en la estación meteorológica Campbell de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato” y una vez realizado las todas las pruebas necesarias para comprobar su operación, se puede afirmar que se ha cumplido con los objetivos planteados al inicio del proyecto, llegándose a las siguientes conclusiones:

- Se logró diagnosticar el estado de cada uno de los elementos que conforman la estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería Agronómica, para lo cual se utilizó el programa PC208W y el módulo de recolección de datos SM4M, con los cuales se pudo determinar que aunque la estación meteorológica estuvo en un completo abandono por casi diez años el datalogger recolectaba información de todos los sensores pero estas mediciones no eran confiables, ni tenía orden alguno y su fecha de recolección no era real.
- El diagnóstico del estado de cada uno de los elementos de la estación meteorológica Querochaca fue necesario para lograr el perfecto funcionamiento de la estación y obtener mediciones reales.

- El mantenimiento y calibración de los sensores que conforman la estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería Agronómica se lo realizó en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI” logrando certificar el buen funcionamiento de cada sensor.
- La trama de comunicación utilizada entre el datalogger y el computador para el intercambio de información no pudo ser decodificada porque Campbell Scientific posee un protocolo de comunicación denominado PakBus el cual no es un protocolo abierto por lo que necesariamente todo tipo de comunicación y configuración se lo realizó bajo la plataforma establecida por Campbell Scientific.
- Para lograr el funcionamiento adecuado del sistema se reemplazó la recolección manual de datos meteorológicos por un sistema de comunicación inalámbrico entre la estación meteorológica y el computador de monitoreo mediante un enlace punto a punto con módulos XBee Pro.
- El programa RTMC Development permitió el desarrollo de una Interface Hombre-Máquina “HMI” que facilita un monitoreo de la estación meteorológica de una forma simple, amigable e intuitiva.
- El archivo .DAT creado específicamente para el almacenamiento de información climática que realiza el datalogger permite la difusión de los datos meteorológicos a través de la página web alojada en el sitio web oficial de la Facultad de Ingeniería Agronómica.
- El manual del usuario describe cada una de las pantallas que conforma el HMI de la estación meteorológica facilitando el

monitoreo de la estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería Agronómica.

- El datalogger CR10X de Campbell Scientific posee una arquitectura cerrada, siendo una complicación para que otras arquitecturas que no corren bajo la plataforma Campbell Scientific se integren al datalogger por lo que el diseño del HMI y la programación del datalogger se realiza con un software propio de Campbell Scientific.
- Las normas, procedimientos y patrones del INAMHI permitieron la calibración de los sensores de la estación meteorológica Querochaca para lograr el correcto funcionamiento de la estación.
- El bajo consumo de energía es una característica importante del estándar ZigBee, lo que la hace una herramienta muy útil para el desarrollo de aplicaciones y proyectos de monitoreo de estaciones meteorológicas donde la prioridad es conservar la vida útil de la batería.
- La utilización de los módulos XBee Pro serie 2 demostraron ser una herramienta ideal para realizar un enlace de 300 metros entre la estación meteorológica y el computador donde se realiza el monitoreo y recolección de datos meteorológicos de la estación.
- El firmware actualizado del datalogger CR10X permite el monitoreo en tiempo real de las mediciones de los sensores de la estación meteorológica.
- La utilización del programa LoggerNet desarrollado por Campbell Scientific simplificó la programación, comunicación y monitoreo que se realizó en el proyecto “Repotenciación y mejoramiento del

sistema de monitoreo de variables ambientales en la estación meteorológica Campbell de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato”

- La estación meteorológica Querochaca es de suma importancia para productores, docentes, estudiantes y la junta de aguas Huachi-Totoras, ya que estos se proveen de información climática para poder alcanzar un nivel óptimo de producción agraria sostenible y tecnificada.
- La información climática que proporciona la estación meteorológica Querochaca, constituirá información básica para la formulación de proyectos de investigación y desarrollo agropecuario sobre todo en la zona de influencia del sistema de riego Ambato-Huachi-Pelileo.

El resultado del proyecto ha sido: La Repotenciación y mejoramiento del sistema de monitoreo de la estación meteorológica Campbell de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato, mediante la obtención de mediciones confiables ya que todos los sensores de la estación meteorológica cuentan con un certificado de calibración emitido por el INAMHI, la implementación de un medio de transmisión inalámbrico de toda la información meteorológica recolectada por el datalogger mediante de módulos de comunicación XBee Pro, el diseño de un HMI para facilitar el monitoreo de la estación meteorológica y la publicación en una página web de los datos meteorológicos recolectados.

4.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de toda la estación meteorológica para evitar su deterioro, debido a que la estación se encuentra localizada en el cantón Cevallos provincia de Tungurahua y este sector es muy propenso a la caída de ceniza volcánica cuando el volcán Tungurahua comienza su proceso eruptivo.
- El montaje de los sensores de la estación meteorológica se debe realizar siguiendo normas y recomendaciones establecidas por los fabricantes para cada uno de los sensores.
- El correcto funcionamiento de una estación meteorológica depende de sus sensores, por lo que se recomienda la certificación de cada sensor que conforma la estación en una institución especializada. Para este proyecto se realizó el mantenimiento y calibración de los sensores en el INAMHI ya que este Instituto es el que establece las normas y patrones de calibración para sensores utilizados en estaciones meteorológicas en el Ecuador.
- Conocer todas las precauciones para el transporte, manipulación y almacenaje de los sensores de una estación meteorológica.
- Realizar un estudio previo de la localidad donde se va a implementar el enlace inalámbrico es importante ya que con este estudio se podrá realizar una correcta selección de los módulos XBee que se emplearán para el proyecto.
- Es recomendable realizar pruebas de enlace de los módulos XBee Pro exponiéndolos a interferencias de otros dispositivos que

trabajen en la misma banda de 2,4 GHz para garantizar una comunicación sin pérdidas de información.

- Se recomienda un continuo y estable suministro de energía para los módulos XBeePro ya que su funcionamiento se ve afectado si existe un descenso de voltaje provocando que los módulos interrumpan su comunicación.
- Es recomendable sobredimensionar el alcance de los módulos XBee Pro, con el fin de evitar pérdidas de información por interferencias presentes en el medio ambiente.
- Se recomienda que el diseño del sistema HMI sea lo más amigable e intuitivo, para que cualquier persona sin conocimientos específicos lo pueda entender y manipular sin ninguna complicación.
- Se recomienda la difusión de los datos meteorológicos obtenidos por la estación Querochaca para facilitar a los agricultores del cantón Cevallos las fechas más idóneas para sembrar, cosechar, fumigación, etc.
- La asignación de la responsabilidad de actualizar continuamente la página web de la estación meteorológica Querochaca es imprescindible para que la comunidad tenga acceso a datos meteorológicos actualizados.
- Se recomienda a la Facultad de Ingeniería Agronómica la creación de proyectos de vinculación con los agricultores aledaños para la utilización de la información meteorológica obtenida por la estación

para mejorar los cultivos y poder impulsar la tecnificación de la producción agraria de la zona.

- Se debe garantizar que el panel solar de la estación meteorológica este limpio realizando una limpieza externa de su superficie para garantizar su correcto funcionamiento.
- Garantizar la hermeticidad del gabinete de protección que aloja al datalogger, batería y aislador óptico para evitar daños causados por la humedad y extender la vida útil de los elementos.
- Se recomienda el reemplazo de la pila interna del datalogger cada 4 años (menos si el datalogger se encuentra expuesto a temperaturas extremas) para garantizar el almacenamiento de las mediciones y la configuración de hora y fecha del datalogger.
- Se recomienda la conexión de la fuente de alimentación del módulo de comunicación Coordinador que se encuentra en el edificio universitario conjuntamente al prender el computador de monitoreo.
- Se debe iniciar el HMI de la estación meteorológica mediante el acceso directo localizado en el escritorio del computador de monitoreo.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES.

INAMHI (Estudios Climatológicos). Sección Educativa. Estudios Climatológicos. Introducción.
Disponible en: http://186.42.174.237/meteorologia/eclimaticos_intro.htm
Consultado el 2012/09/19.

PCE Ibérica (Estación meteorológica WatchDog). Inst. Medida. Estación meteorológica. Estación meteorológica WatchDog.
Disponibile en: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/logger-de-datos/logger-datos-watchdog-500.htm>
Consultado el 2012/09/19.

Arguello J. y Guachamin B.(GUIA DE OBSERVACIONES METEOROLOGICAS), INAMHI, Quito 1993, Págs. 37-44.
Consultado el 2012/09/19.

INSIVUMEH (Guatemala), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, meteorología e Hidrología de Guatemala. Los Componentes de una Estación Meteorológica.
Disponibile en:
<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/estacion%20meteorologica.htm>
Consultado el 2012/09/19.

Manual de Procedimientos para las Estaciones Meteorológicas. Compilado por Enrique Castro Fonseca. Sarapiquí, Mayo 2008
Disponibile en: <http://www.ots.ac.cr/meteoro/files/manual.pdf>
Consultado el 2012/09/19.

Escuela Técnica IPEM 56 Abraham Juarez - Villa María – Córdoba, Instrumentos de medida, Psicrometro
Disponibile en:
<http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/psicrometro.html>
Consultado el 2012/09/19.

InfoAgro_Anemómetro (Instrumentos de Medida).
Disponibile en: http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_anemometro_velocidad_viento.asp?k=80
Consultado el 2012/09/19.

Enner.es, (Venta y Gestión de Energías Renovables)
Disponibile en: <http://www.enner.es/pirometro.htm>
Consultado el 2012/09/19.

Wikipedia, (2012) Pirómetro
Disponibile en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Piran%C3%B3metro>
Consultado el 2012/09/19.

Esteban J. Saravia (2004), SISTEMA AUTÓNOMO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PORTÁTIL DATALOGGER
Disponibile en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/articulos/DataLogger.doc>
Consultado el 2012/09/20.

Manuel Santos Gonzales, Sistemas Telemáticos.
Disponibile en: Biblioteca Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Electrónica e Industrial
Consultado el 2012/09/20.

Apéndice B: Estándar RS-232, Universidad de las Américas, Puebla
Disponibile en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/paz_l_oj/apendiceB.pdf
Consultado el 2012/09/20.

Adai Bujeda Ateca y Guayasén González Santiago, MANEJADOR RS232,
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Disponibile en:<http://sopa.dis.ulpgc.es/ii-dso/lecminix/manejado/rs232/rs232.pdf>
Consultado el 2012/09/20.

Stefan Junestrand, Xavier Passaret, Daniel Vázquez, Domótica y hogar digital.
Disponibile en:
http://books.google.es/books/about/Dom%C3%B3tica_y_hogar_digital.html?hl=es&id=8ERFqWcdHAEC.
Consultado el 2012/09/21.

Sergio R Caprile,Desarrollo de aplicaciones con comunicación remota basadas en módulos ZigBee y 802.15.4
Disponibile en:
books.google.es/.../Equisbí_Desarrollo_de_aplicaciones_con.html?
Consultado el 2012/09/21.

Enrique Ruiz-Velasco Sánchez, Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología
Disponibile en: www.diazdesantos.es/wwwdat/pdf/SP0410003909.pdf
Consultado el 2012/09/21.

Felipe García Sánchez, Antonio Javier García Sánchez, Joan García Haro
Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
Universidad Politécnica de Cartagena,
Disponibile en: http://doctorat.upc.edu/programas/ingenieria-electronica?set_language=es
Consultado el 2012/09/21.

Jorge Pablo Dignani, Universidad Nacional de La Plata, ANÁLISIS DEL PROTOCOLO ZIGBEE

Disponible

en:http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18349/Documento_completo__.pdf?sequence=1

Consultado el 2012/09/21.

Sebastián Román Maroto Cantillo, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA DESARROLLO DE APLICACIONES BASADAS EN WSN

Disponible en:

http://www.ujaen.es/serv/acceso/ciclos_forma/d_aplicaciones_informaticas.htm

Consultado el 2012/09/21.

María Belén Tituaña Anaguano IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE COMUNICACIONES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4

Tesis de grado ESPE

Disponible en: [Repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/134](http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/134)

Consultado el 2012/09/21.

Diego M Rosero, Departamento de computación

Introducción a las aplicaciones industriales del procesamiento digital de datos

Disponible en: <http://www.dc.uba.ar/events/eci/2011/cursos/n1-informaticaindustrial-resumen>

Consultado el 2012/09/21.

Wílmer Pereira, Universidad Simón Bolívar, ZigBee: Protocolo para Red Inalámbrica de Sensores

Disponible en: <http://ldc.usb.ve/~wpereira/PDF/ZigBeeJornadasTelecom.pdf>

Consultado el 2012/09/21.

MODEL HMP35C TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY PROBE, INSTRUCTION MANUAL, Campbell Scientific Inc., Revision 1/99, (1999)

Disponible en: <http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/hmp35c.pdf>

Consultado el 2012/09/22.

CS700 Tipping Bucket Rain Gage and CS700H Heated Rain

Gage, INSTRUCTION MANUAL, Campbell Scientific Inc., Revision 1/99, (1999)

Disponible en: <http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cs700.pdf>

Consultado el 2012/09/22.

05103, 05103-45, 05106, and 05305 R.M. Young Wind Monitors,

INSTRUCTION MANUAL, Campbell Scientific Inc., Revision 8/12, (2012)

Disponible en: <http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/05103.pdf>

Consultado el 2012/10/01.

Model 107 TemperatureProbe, INSTRUCTION MANUAL, Campbell Scientific Inc., Revision 5/12, (2012)
Disponibile en: <http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/107.pdf>
Consultado el 2012/10/01.

CS300 Pyranometer, INSTRUCTION MANUAL, Campbell Scientific Inc., Revision 1/11, (2011)
Disponibile en: <http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cs300.pdf>
Consultado el 2012/10/01.

CR10X MEASUREMENT AND CONTROL MODULE OPERATOR'S MANUAL, Campbell Scientific Inc., Revision 2/03, (2003)
Disponibile en: <http://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr10x.pdf>
Consultado el 2012/10/01.

ANEXOS

ANEXO A: Glosario de términos.

ANEXO B: Manual de operación del sistema.

ANEXO C: Componentes de la estación meteorológica.

ANEXO D: Certificados de Calibración de los sensores de la estación meteorológica.

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

| ANEXO A | GLOSARIO DE TÉRMINOS | A - 1 |
|--|----------------------|-------|
| <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 533 746 566">• ACK Acknowledgment <p data-bbox="304 613 1370 703">Es un mensaje que se envía para confirmar que un mensaje o un conjunto de mensajes han llegado a su destino.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 752 1307 786">• ASCII American Standard Code for Information Interchange <p data-bbox="304 833 1370 976">Código Estándar Estado Unidense para el Intercambio de Información, es un código de caracteres basado en el alfabeto latino, tal como se usa en inglés moderno y en otras lenguas occidentales.</p> <p data-bbox="823 1081 847 1115" style="text-align: center;">C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1193 592 1227">• Climatología <p data-bbox="304 1274 1370 1364">Estado medio de las condiciones atmosféricas, caracterizado por la evolución del tiempo atmosférico de una área determinada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1413 879 1447">• CRC Cyclic Redundancy Check <p data-bbox="304 1494 1370 1637">Es un código de detección de errores usado frecuentemente en redes digitales y en dispositivos de almacenamiento para detectar cambios accidentales en los datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1686 1370 1776">• CSMA-CA Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance <p data-bbox="304 1823 1370 1912">Es un protocolo de control de acceso a redes de bajo nivel que permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión.</p> | | |

| ANEXO A | GLOSARIO DE TÉRMINOS | A - 2 |
|---|----------------------|-------|
| <p style="text-align: center;">D</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 499 847 533">• DH Destination Address High <p data-bbox="304 580 1369 667">Es usado para leer los 32 bit más significativos de los 64 bit's de la dirección de destino del modulo RF.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 719 836 752">• DL Destination Address Low <p data-bbox="304 799 1369 887">Es usado para leer los 32 bit más significativos de los 64 bit's de la dirección de destino del modulo RF.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 938 628 972">• DATALOGGER <p data-bbox="304 1019 1369 1106">Un Datalogger es un dispositivo electrónico que registra mediciones ordenadas en el tiempo, provenientes de diferentes sensores.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1158 890 1191">• DTE (Equipo Terminal de Datos) <p data-bbox="304 1238 1369 1326">Un equipo terminal de datos es aquel componente de un circuito de datos que hace de fuente o destino de la información.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1377 1027 1411">• DCE (Equipo de Comunicación de Datos) <p data-bbox="304 1458 1369 1603">Es todo dispositivo que participa en la comunicación entre dos dispositivos pero que no es receptor final ni emisor original de los datos que forman parte de esa comunicación.</p> <p style="text-align: center;">E</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1767 652 1800">• Electrometeoros <p data-bbox="304 1848 1302 1881">Es la manifestación visible o audible de la electricidad en la atmósfera</p> | | |

| ANEXO A | GLOSARIO DE TÉRMINOS | A - 3 |
|---|----------------------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 501 759 539">• Estación Meteorológica Es una instalación destinada a medir y registrar periódicamente distintas variables meteorológicas mediante la utilización de sensores para así poder documentar el comportamiento atmosférico. <p style="text-align: center;">F</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 887 552 925">• Fenología Es la ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos y plantas. <p style="text-align: center;">H</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1218 628 1256">• Hidrometeoros Fenómeno formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la atmósfera libre. <li data-bbox="304 1550 456 1588">• HMI Es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI se presentan como una “ventana” de un proceso. <li data-bbox="304 1769 512 1807">• INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Es el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador. | | |


| ANEXO A | GLOSARIO DE TÉRMINOS | A - 4 |
|---|----------------------|-------|
| <p>L</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 443 603 477">• Litometeoros <p data-bbox="304 524 1370 613">Fenómenos que se relacionan con la suspensión de partículas sólidas no acuosas en la atmósfera o levantadas del suelo por el viento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 663 571 696">• .LoggerNet <p data-bbox="304 743 1370 833">Es software para a programación, comunicación y recuperación de datos entre registradores de datos y un PC.</p> <p data-bbox="820 936 847 969" style="text-align: center;">M</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 994 847 1028">• MAC Medium Access Control <p data-bbox="304 1075 1370 1164">Es un identificador de 48 bits (6 bloques hexadecimales) que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red.</p> <p data-bbox="820 1267 847 1301" style="text-align: center;">O</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1326 987 1359">• Organización Mundial de Meteorología <p data-bbox="304 1406 1370 1659">La Organización Meteorológica Mundial (OMM) es un organismo especializado de las Naciones Unidas. Es su portavoz autorizado acerca del estado y el comportamiento de la atmósfera terrestre, su interacción con los océanos, el clima que produce y la distribución resultante de los recursos hídricos.</p> <p data-bbox="820 1706 847 1740" style="text-align: center;">P</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1765 699 1798">• PHY Physical Layer <p data-bbox="304 1845 1098 1883">Capa siete del modelo OSI de redes de computadoras.</p> | | |

| ANEXO A | GLOSARIO DE TÉRMINOS | A - 5 |
|---|----------------------|-------|
| <p style="text-align: center;">R</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 555 619 591">• Radar Doppler <p data-bbox="304 640 1366 725">El radar Doppler es aquel radar que usa el efecto Doppler en los ecos de retorno de blancos para medir su velocidad radial.</p> <p style="text-align: center;">W</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 887 943 922">• WLAN Wireless Local Area Network <p data-bbox="304 972 1366 1111">Es un sistema de comunicación inalámbrica flexible, muy utilizado como alternativa a las redes de área local cableadas o como extensión de éstas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1167 1015 1202">• WPAN Wireless Personal Area Networks <p data-bbox="304 1252 1366 1498">Es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 1554 740 1590">• Wi-Fi Wireless Fidelity <p data-bbox="304 1639 1366 1720">Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica.</p> | | |

| ANEXO A | GLOSARIO DE TÉRMINOS | A - 6 |
|--|----------------------|-------|
| <p style="text-align: center;">Z</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="304 499 507 533">• ZigBee <p data-bbox="304 580 1366 779">Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN).</p> | | |

ANEXO B

MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

| ANEXO B | MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA | B - 1 |
|---|---------------------------------|-------|
| <p>1. INTRODUCCIÓN</p> <p>El proyecto “Repotenciación y mejoramiento del sistema de monitoreo de variables ambientales en la estación meteorológica Campbell de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato” posee una interface hombre máquina (HMI) que fue desarrollada de tal forma que el usuario pueda realizar el monitoreo de la estación meteorológica sin ningún grado de complejidad, en este manual se explica de forma detallada el manejo de la HMI de la estación meteorológica Querochaca de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato.</p> <p>2. MANEJO DEL HMI DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.</p> <p>Para ingresar al HMI de la estación meteorológica se ha colocado un acceso directo en el escritorio del computador (Figura 1.1), con el cual la persona encargada del monitoreo de la estación meteorológica puede acceder a la página principal de la estación meteorológica.</p> <div data-bbox="742 1675 879 1823" style="text-align: center;">  <p>Estación Meteorológica Querochaca</p> </div> <p>Figura 1.1 Acceso directo al HMI de la estación meteorológica.</p> | | |

| | | |
|----------------|--|--------------|
| ANEXO B | MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA | B - 2 |
|----------------|--|--------------|

2.1 PANTALLA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

Esta pantalla corresponde a la página principal de la estación meteorológica Querochaca, se encuentra dividida en tres bloques. (Figura 1.2)



Figura 1.2 Página Estación Meteorológica.

Bloque A: En este bloque el usuario puede realizar un monitoreo rápido de las variables:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Velocidad del viento.
- Radiación solar.
- Temperatura del suelo.

| | | |
|----------------|--|--------------|
| ANEXO B | MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA | B - 3 |
|----------------|--|--------------|

- Precipitación.

Las mediciones mostradas corresponden a muestras de campo tomadas por el datalogger.

Bloque B: En este bloque el usuario puede desplegar una ventana auxiliar denominada View Pro 4.1 (Figura 1.3) en la cual se puede realizar el análisis de las mediciones de todas las muestras que ha recolectado la estación meteorológica desde la fecha en que se puso en funcionamiento hasta la fecha actual.

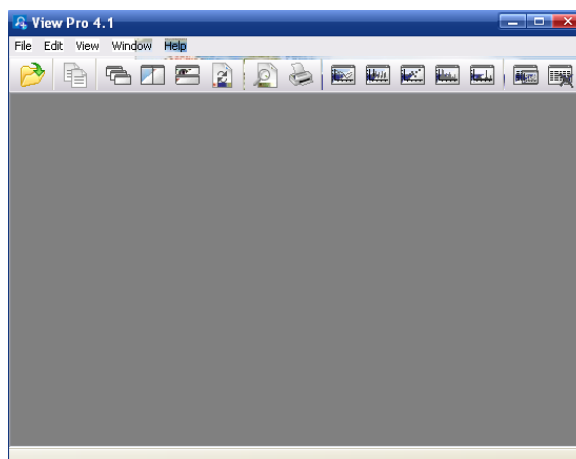


Figura 1.3 Pantalla View Pro 4.1.

Para poder desplegar los datos de la estación meteorológica, el usuario debe realizar un clic en el icono abrir y buscar el archivo CR10XTD_Variables que se encuentra en la dirección C:\Campbellsci\LoggerNet\CR10XTD_Variables logrando desplegar todas

las mediciones que ha recolectado la estación Querochaca hasta la presente fecha. (Figura 1.4)

| TIMESTAMP | RECORD | AirTC | RH | Rain mm | TOT | WS ms | WindDir | T107 C | SlrKW |
|---------------------|--------|-------|-------|---------|-----|-------|---------|--------|-------|
| 2012-10-01 16:00:00 | 0 | 20.46 | 46.29 | 2.286 | | 8.58 | 333 | 21.91 | 0.87 |
| 2012-10-01 16:30:00 | 1 | 20.01 | 46.9 | 0 | | 9.16 | 169.4 | 21.77 | 0.04 |
| 2012-10-01 17:00:00 | 2 | 20.89 | 41.68 | 0.254 | | 8.92 | 169.4 | 21.52 | 0.97 |
| 2012-10-01 17:30:00 | 3 | 19.76 | 44.67 | 0 | | 8.89 | 169.3 | 21.38 | 0.87 |
| 2012-10-01 18:00:00 | 4 | 18.9 | 47.74 | 0.254 | | 9.16 | 169.3 | 21.05 | 0.66 |
| 2012-10-01 18:30:00 | 5 | 18.33 | 49.2 | 0 | | 9.3 | 169.3 | 20.49 | 0.77 |
| 2012-10-01 19:00:00 | 6 | 18.06 | 49.75 | 0.254 | | 9.37 | 169.3 | 20.08 | 0.63 |
| 2012-10-01 19:30:00 | 7 | 17.96 | 50.4 | 0 | | 9.67 | 169.3 | 19.97 | 0.49 |
| 2012-10-01 20:00:00 | 8 | 17.9 | 50.81 | 0.254 | | 0.08 | 169.4 | 19.92 | 0.39 |
| 2012-10-01 20:30:00 | 9 | 17.83 | 52.32 | 0.254 | | 0.46 | 169.4 | 19.69 | 0.36 |
| 2012-10-01 21:00:00 | 10 | 17.7 | 54.32 | 0 | | 0.69 | 169.4 | 19.64 | 0.22 |
| 2012-10-01 21:30:00 | 11 | 17.63 | 55.96 | 0.254 | | 0.93 | 169.4 | 19.64 | 0.15 |
| 2012-10-01 22:00:00 | 12 | 17.6 | 56.16 | 0 | | 1.17 | 169.4 | 19.63 | 0.05 |
| 2012-10-01 22:30:00 | 13 | 17.49 | 56.1 | 0.254 | | 1.31 | 169.4 | 19.57 | 0.05 |
| 2012-10-01 23:00:00 | 14 | 17.49 | 56.98 | 0 | | 1.41 | 169.4 | 19.51 | 0.95 |
| 2012-10-02 15:00:00 | 15 | 18.55 | 53.2 | 0.254 | | 1.44 | 169.4 | 19.41 | 0.88 |
| 2012-10-02 15:30:00 | 16 | 19.03 | 52.32 | 0 | | 1.61 | 169.4 | 19.86 | 0.74 |
| 2012-10-02 16:00:00 | 17 | 20.93 | 46.97 | 0.254 | | 1.99 | 169.4 | 20.03 | 0.65 |
| 2012-10-02 16:30:00 | 18 | 22.23 | 42.34 | 0 | | 2.3 | 169.4 | 20.33 | 0.58 |
| 2012-10-02 17:00:00 | 19 | 20.39 | 46.66 | 0 | | 2.78 | 169.4 | 20.52 | 0.51 |
| 2012-10-02 17:30:00 | 20 | 19.15 | 49.75 | 0.254 | | 3.39 | 169.3 | 20.41 | 0.58 |
| 2012-10-02 18:00:00 | 21 | 18.61 | 49.62 | 0 | | 5.33 | 169.3 | 20.17 | 0.55 |
| 2012-10-02 18:30:00 | 22 | 18.34 | 49.55 | 0.254 | | 3.7 | 169.4 | 19.98 | 0.55 |
| 2012-10-02 19:00:00 | 23 | 18.24 | 50.71 | 0 | | 2.27 | 169.4 | 19.89 | 0.65 |
| 2012-10-02 19:30:00 | 24 | 18.31 | 51.63 | 0 | | 1.82 | 169.4 | 19.89 | 0.72 |
| 2012-10-03 12:30:00 | 25 | 18.59 | 51.23 | 0.254 | | 1.38 | 169.4 | 17.83 | 0.82 |
| 2012-10-08 16:00:00 | 26 | 18.24 | 59.67 | 0.254 | | 1.18 | 176.4 | 18.45 | 0.13 |
| 2012-10-08 16:30:00 | 27 | 18.58 | 57.25 | 0 | | 1.11 | 176.4 | 19.36 | 0.3 |
| 2012-10-08 17:00:00 | 28 | 19.13 | 53.88 | 0.254 | | 0.47 | 176.4 | 20.17 | 0.63 |
| 2012-10-08 17:30:00 | 29 | 18.58 | 54.9 | 0.254 | | 8.89 | 176.4 | 19.77 | 0.77 |
| 2012-10-08 18:00:00 | 30 | 18.34 | 55.44 | 0 | | 8.65 | 176.4 | 19.6 | 0.7 |
| 2012-10-08 18:30:00 | 31 | 18.13 | 56.02 | 0.254 | | 9.34 | 176.4 | 19.54 | 0.97 |
| 2012-10-08 19:00:00 | 32 | 18.14 | 56.98 | 0 | | 9.23 | 176.4 | 19.83 | 0.11 |
| 2012-10-08 19:30:00 | 33 | 18.17 | 58.21 | 0.254 | | 7.15 | 176.4 | 19.73 | 0.25 |
| 2012-10-08 20:00:00 | 34 | 18.13 | 58.2 | 0 | | 6.44 | 176.4 | 19.3 | 0.45 |

Figura 1.4 Pantalla View Pro 4.1 con datos meteorológicos.

Una vez desplegado los datos de la estación meteorológica el usuario puede realizar el análisis que requiera utilizando las opciones que brinda View Pro.

Bloque C: En este bloque el usuario puede conocer la fecha y la hora en que se encuentra trabajando la estación meteorológica.

2.2 PANTALLA TEMPERATURA/HUMEDAD RELATIVA.

La pantalla Temperatura/Humedad Relativa está diseñada para realizar un monitoreo más detallado de las variables Temperatura Ambiental y el porcentaje de Humedad existente en la Facultad de Ingeniería Agronómica.

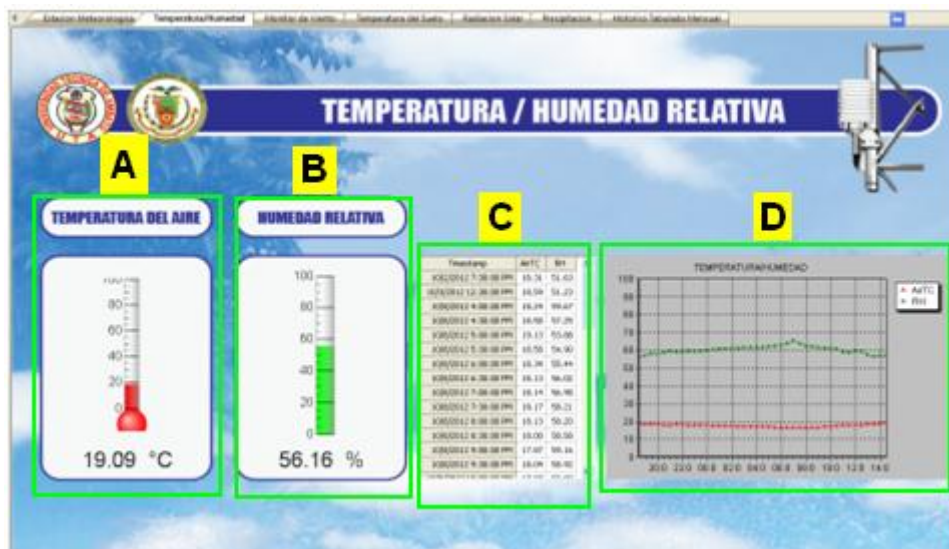


Figura 1.5 Página Temperatura/Humedad Relativa.

Bloque A: En este bloque el usuario puede visualizar el estado de la Temperatura Ambiental. El bloque está constituido por:

- Un indicador animado de la variable Temperatura Ambiental.
- Un indicador numérico de la variable Temperatura Ambiental.

| ANEXO B | MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA | B - 6 |
|---|---------------------------------|-------|
| <p>Bloque B: En este bloque el usuario puede visualizar el grado de Humedad existente en la Facultad de Ingeniería Agronómica. El bloque está constituido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un indicador animado de la variable Humedad Relativa. • Un indicador numérico de la variable Humedad Relativa. <p>Bloque C: En este bloque el usuario puede estar al tanto de las mediciones de Temperatura Ambiental y grado de Humedad mediante una tabla que contiene los últimos datos recolectados por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.</p> <p>Bloque D: En este bloque el usuario puede visualizar el comportamiento de las variables Temperatura Ambiental y Humedad Relativa mediante un graficador. Los valores mostrados en la gráfica corresponden a las mediciones recolectadas por la estación meteorológica en las últimas veinte horas de funcionamiento.</p> <p>2.3 PANTALLA MONITOR DEL VIENTO.</p> <p>La pantalla Monitor de Viento está diseñada para realizar un monitoreo más detallado de las variables Velocidad y Dirección del Viento predominantes en la Facultad de Ingeniería Agronómica.</p> | | |



Figura 1.6 Página Monitor de Viento.

Bloque A: En este bloque el usuario puede visualizar la Dirección del Viento. El bloque está constituido por:

- Un indicador animado de la variable Dirección del Viento.
- Un indicador numérico de la variable Dirección del Viento.

Bloque B: En este bloque el usuario puede visualizar la Velocidad del Viento. El bloque está constituido por:

- Un indicador animado de la variable Velocidad del Viento.
- Un indicador numérico de la variable Velocidad del Viento.

Bloque C: En este bloque el usuario puede estar al tanto de las mediciones de Dirección y Velocidad del Viento mediante una tabla que contiene los últimos datos recolectados por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.

Bloque D: En este bloque el usuario puede visualizar el comportamiento de las variables Dirección y Velocidad del Viento mediante un graficador. Los valores mostrados en la gráfica corresponden a las mediciones recolectadas por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.

2.4 PANTALLA TEMPERATURA DEL SUELO.

La pantalla Temperatura del Suelo está diseñada para realizar un monitoreo más detallado de la variable Temperatura del Suelo. Las mediciones de la temperatura del suelo corresponden a una porción de terreno de 1 m² sin vegetación y las muestras son tomadas a una profundidad de 5 cm.

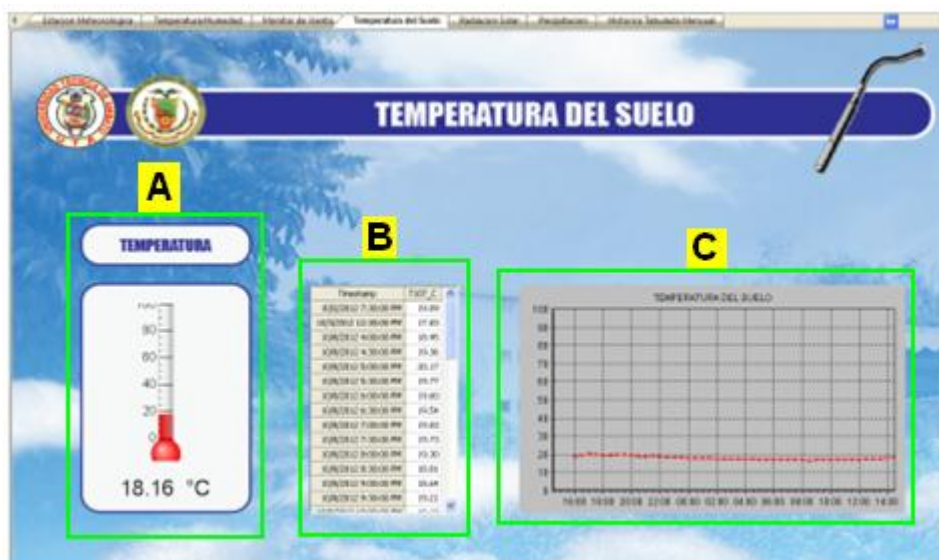


Figura 1.7 Página Temperatura del Suelo.

| ANEXO B | MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA | B - 9 |
|--|---------------------------------|-------|
| <p>Bloque A: En este bloque el usuario puede visualizar la Temperatura del Suelo. El bloque está constituido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un indicador animado de la variable Temperatura del Suelo. • Un indicador numérico de la variable Temperatura del Suelo. <p>Bloque B: En este bloque el usuario puede estar al tanto de las mediciones de Temperatura del Suelo mediante una tabla que contiene los últimos datos recolectados por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.</p> <p>Bloque C: En este bloque el usuario puede visualizar el comportamiento de la variable Temperatura del Suelo mediante un graficador. Los valores mostrados en la gráfica corresponden a las mediciones recolectadas por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.</p> <p>2.5 RADIACIÓN SOLAR.</p> <p>Esta pantalla está diseñada para realizar un monitoreo más detallado de la Radiación Solar incidente.</p> | | |

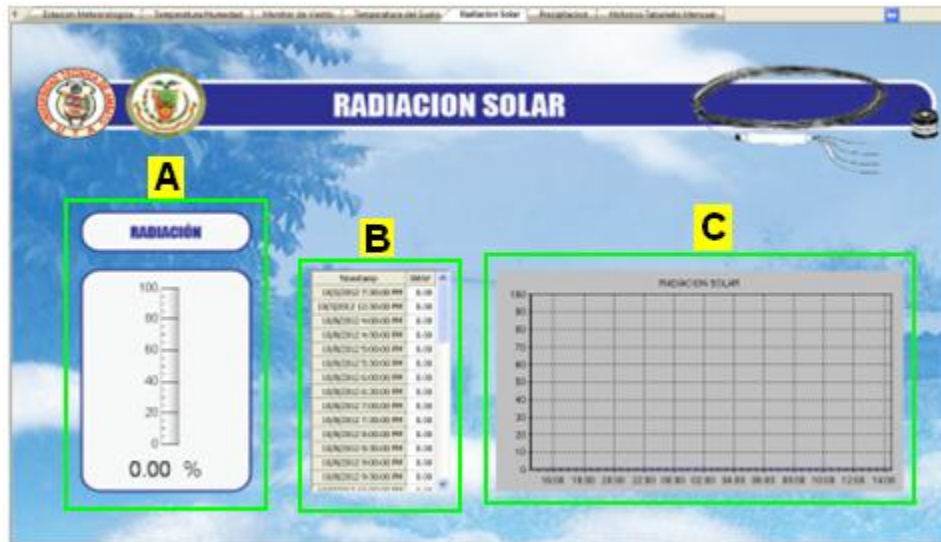


Figura 1.8 Página Radiación Solar.

Bloque A: En este bloque el usuario puede visualizar la Radiación Solar incidente. El bloque está constituido por:

- Un indicador animado de la variable Radiación Solar.
- Un indicador numérico de la variable Radiación Solar.

Bloque B: En este bloque el usuario puede estar al tanto de las mediciones de la Radiación Solar incidente mediante una tabla que contiene los últimos datos recolectados por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.

Bloque C: En este bloque el usuario puede visualizar el comportamiento de la variable Radiación Solar mediante un graficador. Los valores mostrados en la gráfica corresponden a las mediciones recolectadas por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.

2.6 PRECIPITACIÓN.

La pantalla Precipitación está diseñada para realizar un monitoreo más detallado de la cantidad de lluvia precipitada. Las mediciones de la precipitación son muestras expresadas en milímetros de agua por metro cuadrado.

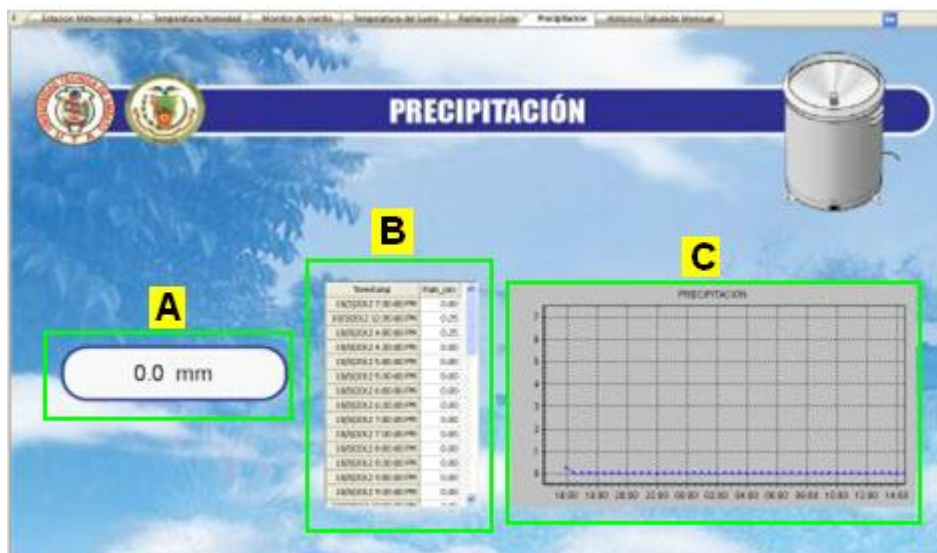


Figura 1.9 Página Precipitación.

Bloque A: En este bloque el usuario puede visualizar la Precipitación. El bloque está constituido por un indicador numérico de la variable Precipitación.

Bloque B: En este bloque el usuario puede conocer las mediciones de Precipitación mediante una tabla que contiene los últimos datos recolectados por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.

Bloque C: En este bloque el usuario puede visualizar el comportamiento de la variable Precipitación mediante un graficador. Los valores mostrados en la gráfica corresponden a las mediciones recolectadas por la estación meteorológica en las últimas veinticuatro horas de funcionamiento.

2.7 HISTÓRICO TABULADO MENSUAL

La pantalla Histórico Tabulado Mensual está diseñada para visualizar las mediciones que ha realizado la estación meteorológica Querochaca de todas las variables físicas.

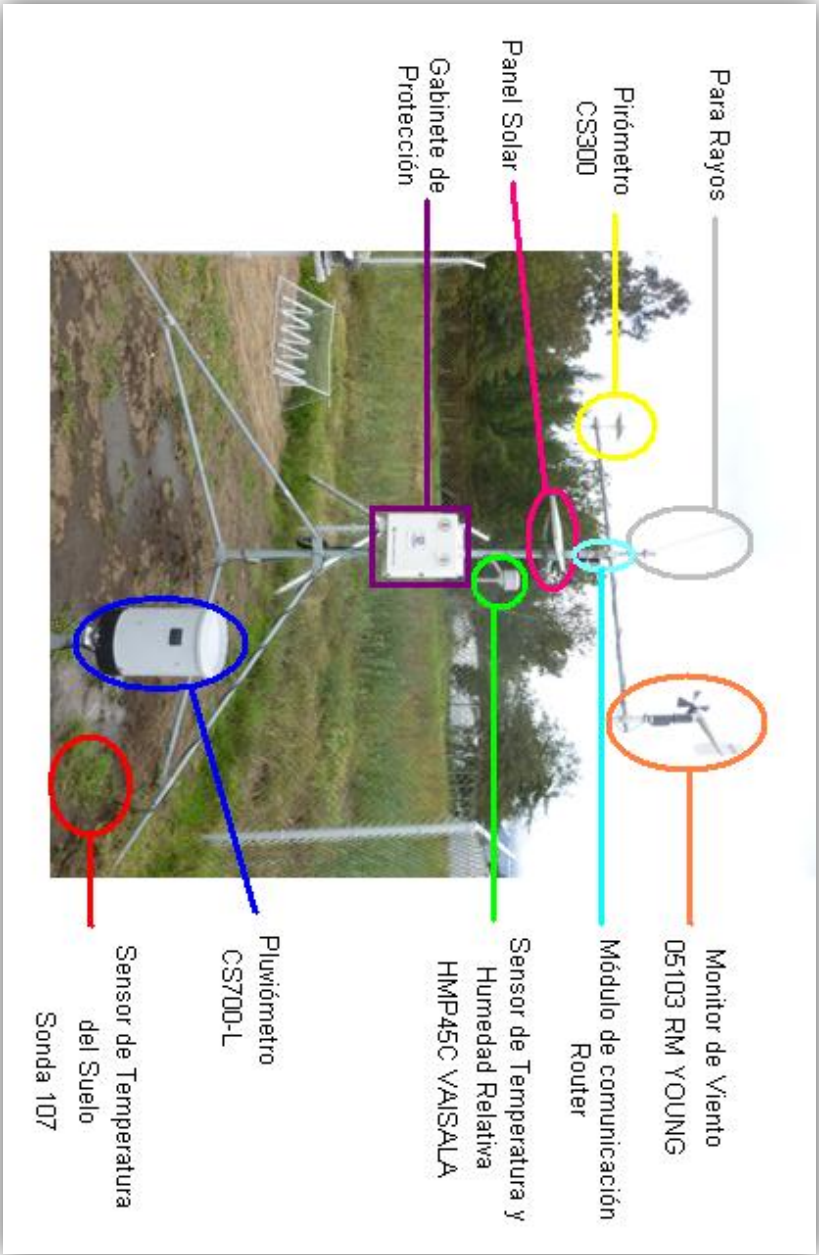
| Fecha | Temperatura | Humedad | Viento | Presión | Precipitación |
|------------------------|-------------|---------|--------|---------|---------------|
| 2015/01/01 0:00:00 PM | 22.45 | 46.25 | 2.20 | 4.76 | 231.00 |
| 2015/01/01 1:00:00 PM | 20.01 | 46.90 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 2:00:00 PM | 20.01 | 41.60 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 3:00:00 PM | 18.76 | 44.67 | 0.00 | 3.00 | 149.20 |
| 2015/01/01 4:00:00 PM | 18.90 | 47.74 | 0.00 | 3.00 | 149.30 |
| 2015/01/01 5:00:00 PM | 18.35 | 49.25 | 0.00 | 3.00 | 149.30 |
| 2015/01/01 6:00:00 PM | 18.00 | 49.70 | 0.00 | 3.00 | 149.20 |
| 2015/01/01 7:00:00 PM | 17.96 | 50.40 | 0.00 | 3.00 | 149.20 |
| 2015/01/01 8:00:00 PM | 17.90 | 50.81 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 9:00:00 PM | 17.85 | 51.22 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 10:00:00 PM | 17.70 | 51.22 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 11:00:00 PM | 17.65 | 50.96 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 12:00:00 PM | 17.60 | 50.00 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 13:00:00 PM | 17.49 | 50.00 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 14:00:00 PM | 17.49 | 50.96 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 15:00:00 PM | 18.00 | 53.20 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 16:00:00 PM | 18.00 | 52.22 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 17:00:00 PM | 20.90 | 46.07 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 18:00:00 PM | 22.23 | 42.34 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 19:00:00 PM | 20.70 | 40.48 | 0.00 | 3.00 | 149.40 |
| 2015/01/01 20:00:00 PM | 19.20 | 40.75 | 0.00 | 3.00 | 149.20 |

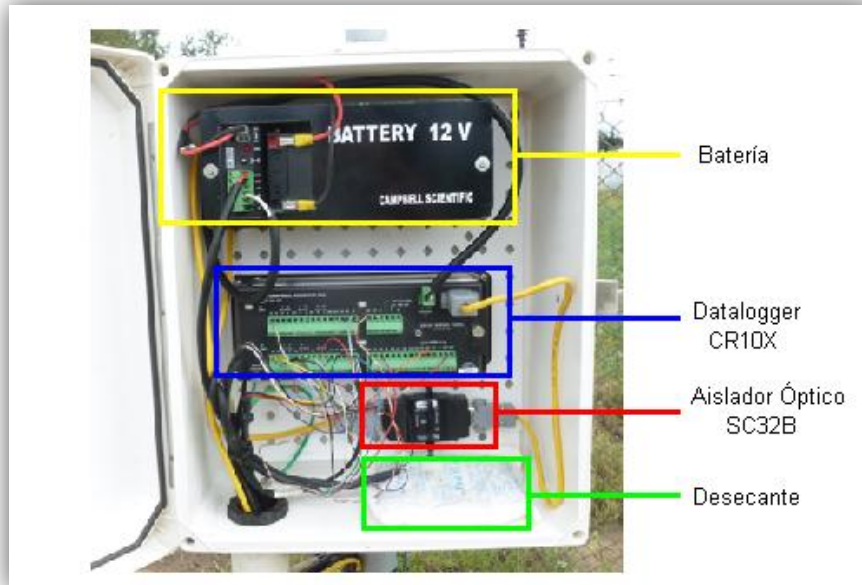
Figura 1.10 Página Histórico Tabulado Mensual.

El bloque A contiene una tabla en la cual se puede visualizar todas las mediciones que ha realizado la estación meteorológica Querochaca en un periodo de 30 días.

ANEXO C

COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

| ANEXO C | COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA | C - 1 |
|---|--|-------|
|  <p>The diagram shows a meteorological station with various instruments mounted on a central pole. The components are labeled as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> Para Rayos: Lightning rod at the top of the pole. Pirómetro CS300: Radiation thermometer. Panel Solar: Solar panel for power. Gabinete de Protección: Protection cabinet for the main electronics. Monitor de Viento 05103 RM YOUNG: Wind speed and direction monitor. Módulo de comunicación Router: Communication module. Sensor de Temperatura y Humedad Relativa HMP45C VAISALA: Temperature and relative humidity sensor. Pluviómetro CS700-L: Rain gauge. Sensor de Temperatura del Suelo Sonda 107: Soil temperature sensor. | | |



Radio XBee en edificio universitario



Radio XBee en estación meteorológica

ANEXO D

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA


INAMHI
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

LABORATORIO DE METROLOGÍA GRUPO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

| 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE | |
|----------------------------|-------------------------|
| Número de Pedido | P-000103 |
| Cliente | IDT - INAMHI |
| Dirección | Iñaquito N36-14 y Corea |
| Teléfono | (593-2) 3971100 Ext.307 |
| Correo Electrónico | mayabaca@inamhi.gob.ec |

| 2. IDENTIFICACIÓN DEL REPORTE | |
|-------------------------------|---------------------|
| Número de Reporte | C-000103-T-C |
| Número de Páginas | 1 página |
| Código de Procedimiento | LAMET-005 |
| Parámetro Calibrado | Temperatura |
| Fecha de Calibración | 25 de enero de 2012 |

| 3. EQUIPO DE REFERENCIA | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------|--------------------------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fecha Última Calibración |
| Generador de Humedad | Thunder Scientific 2500 | 1001778 | 19 de enero de 2010 |
| Termómetro de Lectura | Fluke 1529-R | B05221 | 19 de mayo de 2010 |
| Termistor | Fluke 5626 | 2373 | 1 de febrero de 2010 |

| 4. CONDICIONES DE LABORATORIO | |
|-------------------------------|-----------|
| Variable | Medida |
| Temperatura | 21°C±2°C |
| Humedad relativa | 56%±5% |
| Presión Atmosférica | 730±3 hPa |

| 5. EQUIPO BAJO PRUEBA | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|------------|--------------------|--------------------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fabricante | Rango de Medición | Examinación Física |
| Sensor de Temperatura | HMP45AC | V3130079 | Vaisala | De -40 °C a + 60°C | Sin novedades |
| | | | | | |
| | | | | | |

| 6. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO |
|--|
| El sensor de temperatura fue calibrado mediante la comparación de las lecturas dadas por el datalogger Campbell con las lecturas dadas por el equipo de referencia citado en la sección 3. Las temperaturas de este reporte están basadas en la Escala Internacional de Temperatura ITS-90. El tiempo de estabilización entre cada uno de los puntos tomados como referencia fue de 2 horas. El equipo de referencia usado es trazable a NIST. Las incertidumbres reportadas más adelante corresponden a un nivel de confianza del 95% y están expandidas con k=2. |

| 7. REPORTE DE CALIBRACIÓN | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Punto | Referencia (°C) | Lectura (°C) | Corrección (°C) | Incertidumbre (°C) |
| 1 (50% HR) | 34.748 | 34.52322 | 0.2 | ±0.130 |
| 2 (50% HR) | 29.898 | 29.79910 | 0.1 | ±0.130 |
| 3 (50% HR) | 20.120 | 20.25451 | -0.1 | ±0.130 |
| 4 (50% HR) | 10.218 | 10.40843 | -0.2 | ±0.130 |
| | | | | |
| | | | | |

| 8. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN | | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|--|
| Tolerancia | Como se encontró | Como se dejó | Ajuste Realizado | Ajuste Requerido | Fecha sugerida para la próxima Calibración |
| ±0,4°C | Estado desconocido | En tolerancia | No | No | Julio de 2012 |

| 10. COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS |
|---------------------------------|
| |

 Llevado a cabo por:

 Fis. Jorge A. Soría

 Aprobado por:

 Ing. Marcelo Ayabaca

Reporte N° C-000103-T-C

Página 1 de 1

Este certificado no puede ni debe ser reproducido completamente o parcialmente sin la aprobación por escrito del Centro de Metrología del INAMHI.

| | | | | |
|---|-----------------------------|---|-------------------------------|--|
| Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Laboratorio de Metrología | Pais Ciudad Dirección | Ecuador Quito Iñaquito N36-14 y Corea | Teléfono Fax Página WEB | (593-2) 3971100 (593-2) 2241874 http://www.inamhi.gob.ec |
|---|-----------------------------|---|-------------------------------|--|



LABORATORIO DE METROLOGIA GRUPO DE INNOVACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

| 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE | |
|----------------------------|-------------------------|
| Número de Pedido | P-000104 |
| Cliente | IDT - INAMHI |
| Dirección | Iñaquito N36-14 y Corea |
| Teléfono | (593-2) 3971100 Ext.307 |
| Correo Electrónico | mayabaca@inamhi.gob.ec |

| 2. IDENTIFICACIÓN DEL REPORTE | |
|-------------------------------|---------------------|
| Número de Reporte | C-000104-HR-C |
| Número de Páginas | 1 página |
| Código de Procedimiento | LAMET-006 |
| Parámetro Calibrado | Humedad relativa |
| Fecha de Calibración | 24 de enero de 2012 |

| 3. EQUIPO DE REFERENCIA | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------|--------------------------|
| Instrumento | Modelo | Nº Serie | Fecha Última Calibración |
| Generador de Humedad | Thunder Scientific 2500 | 1001778 | 19 de enero de 2010 |
| Higrómetro | RH Systems 473 | 09-0722 | 4 de febrero de 2010 |

| 4. CONDICIONES DE LABORATORIO | |
|-------------------------------|-----------|
| Variable | Medida |
| Temperatura | 20°C±2°C |
| Humedad relativa | 51%±5% |
| Presión Atmosférica | 728±3 hPa |

| 5. EQUIPO BAJO PRUEBA | | | | | |
|----------------------------|---------|----------|------------|-------------------|--------------------|
| Instrumento | Modelo | Nº Serie | Fabricante | Rango de Medición | Examinación Física |
| Sensor de Humedad Relativa | HMP45AC | V3130079 | Vaisala | 0 a 100 % | Sin novedades |

6. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO

El sensor de humedad fue calibrado mediante la comparación de las lecturas dadas por el datalogger Campbell con las lecturas dadas por el equipo de referencia citado en la sección 3. El tiempo de estabilización entre cada uno de los puntos tomados como referencia fue de 1 hora. El equipo de referencia usado es trazable a NIST. Las incertidumbres reportadas más adelante corresponden a un nivel de confianza del 95% y están expandidas con k=2.

| 7. REPORTE DE CALIBRACIÓN | | | | |
|---------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------------|
| Punto | Referencia (%HR) | Lectura (%HR) | Corrección (%HR) | Incertidumbre (%HR) |
| 1 (25°C) | 14.93 | 14.94322 | 0.0 | ±0.312 |
| 2 (25°C) | 29.94 | 29.98644 | 0.0 | ±0.312 |
| 3 (25°C) | 44.85 | 45.16425 | -0.3 | ±0.312 |
| 4 (25°C) | 59.88 | 60.15710 | -0.3 | ±0.312 |
| 5 (25°C) | 79.89 | 79.72098 | 0.2 | ±0.312 |

| 8. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN | | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|--|
| Tolerancia | Como se encontró | Como se dejó | Ajuste Realizado | Ajuste Requerido | Fecha sugerida para la próxima Calibración |
| ±1,1 % | Estado desconocido | En tolerancia | No | No | Julio de 2012 |

10. COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS

Llevado a cabo por:

Fis. Jorge A. Soria

Aprobado por:

Ing. Marcelo Ayabaca

Reporte Nº C-000104-HR-C

Página 1 de 1

Este certificado no puede ni debe ser reproducido completamente o parcialmente sin la aprobación por escrito del Centro de Metrología del INAMHI.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Laboratorio de Metrología

País
Ciudad
Dirección

Ecuador
Quito
Iñaquito N36-14 y Corea

Teléfono
Fax
Página WEB

(593-2) 3971100
(593-2) 2241874
<http://www.inamhi.gob.ec>



CENTRO DE METROLOGÍA
INNOVACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

CERTIFICADO DE AJUSTE Y RECALIBRACION

| 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE | |
|----------------------------|-------------------------|
| Número de Pedido | P-000321 |
| Cliente | IDT - INAMHI |
| Dirección | Iñaquito N36-14 y Corea |
| Teléfono | (593-2) 3971100 |
| Correo Electrónico | mayabaca@inamhi.gob.ec |

| 2. IDENTIFICACION DEL REPORTE | |
|-------------------------------|----------------------|
| Número de Reporte | C-000321-VV-A |
| Número de Páginas | 1 página |
| Código de Procedimiento | LAMET-009 |
| Parámetro ajustado | Velocidad de viento |
| Fecha de aj. y recal. | 1 de febrero de 2012 |

| 3. EQUIPO DE REFERENCIA | | | |
|-------------------------|-------------------|----------|--------------------------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fecha Última Calibración |
| Calibrador Young | 18811 (0-390 RPM) | NA | NA |

| 4. CONDICIONES DE LABORATORIO | |
|-------------------------------|-------------|
| Variante | Medida |
| Temperatura | 20°C ± 2°C |
| Humedad relativa | 52% ± 5% |
| Presión Atmosférica | 730 ± 2 hPa |

| 5. EQUIPO BAJO PRUEBA | | | | | |
|-----------------------|------------|----------|------------|-------------|--------------------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fabricante | Rango | Examinación Física |
| Anem/ometro | 05103-5 RM | 44054 | Young | 0-100 m/seg | Sin novedades |

6. DESCRIPCIÓN DEL METODO UTILIZADO

El anemómetro fue calibrado mediante la intercomparación de las lecturas dadas por el registrador Campbell con las del equipo de referencia citado en la Sección 3. La velocidad en RPM fue convertida a m/seg con la fórmula $V = RPM \cdot 0.00490$ dada en el manual de operación del anemómetro.

| 7. REPORTE DE CALIBRACIÓN INICIAL | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| RPM | Referencia m/seg | Unidad bajo prueba m/seg | Desviación m/seg | Incertidumbre m/seg |
| 20 | 0.998 | 0.994 | 0.0 | ±0.3 |
| 40 | 0.996 | 0.996 | 0.0 | ±0.3 |
| 60 | 0.994 | 0.994 | 0.0 | ±0.3 |
| 80 | 0.992 | 0.992 | -0.1 | ±0.3 |
| 100 | 0.990 | 0.990 | -0.1 | ±0.3 |
| 120 | 0.988 | 0.988 | 0.0 | ±0.3 |
| 140 | 0.986 | 0.986 | 0.0 | ±0.3 |
| 160 | 0.984 | 0.984 | 0.0 | ±0.3 |
| 180 | 0.982 | 0.982 | 0.0 | ±0.3 |
| 200 | 0.980 | 0.980 | 0.0 | ±0.3 |
| 250 | 1.235 | 1.230 | 0.0 | ±0.3 |
| 300 | 1.470 | 1.470 | 0.0 | ±0.3 |
| 350 | 1.715 | 1.715 | 0.0 | ±0.3 |
| 400 | 1.960 | 1.960 | 0.0 | ±0.3 |
| 450 | 2.205 | 2.210 | 0.0 | ±0.3 |
| 500 | 2.450 | 2.457 | 0.0 | ±0.3 |
| 550 | 2.695 | 2.695 | 0.0 | ±0.3 |
| 600 | 2.940 | 2.940 | 0.0 | ±0.3 |
| 650 | 3.185 | 3.190 | 0.0 | ±0.3 |
| 700 | 3.430 | 3.435 | 0.0 | ±0.3 |
| 750 | 3.675 | 3.680 | 0.0 | ±0.3 |
| 800 | 3.920 | 3.925 | -0.5 | ±0.3 |
| 850 | 4.165 | 4.170 | 0.0 | ±0.3 |
| 900 | 4.410 | 4.415 | 0.0 | ±0.3 |
| 950 | 4.655 | 4.660 | 0.0 | ±0.3 |
| 990 | 4.851 | 4.856 | 0.0 | ±0.3 |

| 9. RESULTADOS DE AJUSTE Y RECALIBRACIÓN | | | | | |
|---|--------------------|---------------|------------------|------------------|--|
| Tolerancia (m/seg) | Como se encontró | Como se dejó | Ajuste Realizado | Ajuste Requerido | Fecha sugerida para la próxima Calibración |
| ±0.4 | Estado desconocido | En tolerancia | No | No | Febrero de 2013 |

10. COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS

| Calibración | Ajuste y recalibración |
|-------------|------------------------|
| | |

Aprobado por:

Ing. Marcelo Ayaraca

Reporte N° C-000321-VV-A

Página 1 de 1

Este certificado no puede ni debe ser reproducido completamente o parcialmente sin la aprobación por escrito del Centro de Metrología del INAMHI



CENTRO DE METROLOGIA
INNOVACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

CERTIFICADO DE AJUSTE Y RECALIBRACION

| 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE | | 2. IDENTIFICACIÓN DEL REPORTE | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Número de Pedido | P-000320 | Número de Reporte | C-000320-RR-A |
| Cliente | IDT - INAMHI | Número de Páginas | 1 página |
| Dirección | Itaqueño N35-14 y Corea | Código de Procedimiento | LAMET-008 |
| Teléfono | (593-2) 3971100 | Parámetro ajustado | Precipitación |
| Correo Electrónico | mayabaca@inamhi.gob.ec | Fecha de aj. y recal. | 1 de febrero de 2012 |

| 3. EQUIPO DE REFERENCIA | | | | 4. CONDICIONES DE LABORATORIO | |
|-------------------------|---------|----------|--------------------------|-------------------------------|-----------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fecha Última Calibración | Variante | Medida |
| Kil de calibración | FCO-553 | NA | NA | Temperatura | 20°C±2°C |
| | | | | Humedad relativa | 52%±5% |
| | | | | Presión Atmosférica | 730±2 hPa |

| 5. EQUIPO BAJO PRUEBA | | | | | |
|-----------------------|--------|----------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fabricante | Resolución | Examinación Física |
| Pluviómetro | TB4 | GO-150 | Hydrological Services | 0.01" (0.25 mm) | Sin novedades |
| | | | | | |

6. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO
El pluviómetro fue calibrado por intercomparación entre la lectura dada por el registrador Hobo con la lectura de referencia dada por el fabricante del equipo. El tiempo empleado en la calibración fue de 15 minutos por cada punto de ensayo. En cada prueba se utilizaron 653 ml de agua destilada y una boquilla para intensidades menores a 10 ml/min, con este volumen de agua se esperan 82 basculaciones.

| 7. REPORTE DE CALIBRACIÓN INICIAL | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|-----------|
| Variable Medida | Referencia | Observados | Corrección | Exactitud |
| Punto/Unidades | mm | mm | mm | % |
| 1 | 20.5 | 21.25 | 0.8 | ±2 |
| 2 | 20.5 | 21.25 | 0.8 | ±3 |
| 3 | 20.5 | 21.25 | 0.8 | ±2 |

| 8. INFORME DE AJUSTE | |
|-------------------------|-------------------------|
| Tipo de Ajuste | No se realizó un ajuste |
| Descripción del Trabajo | |

| 9. REPORTE DE RECALIBRACION | | | | |
|-----------------------------|------------|------------|------------|-----------|
| Variable Medida | Referencia | Observados | Corrección | Exactitud |
| Punto/Unidades | mm | mm | mm | % |
| | | | | |
| | | | | |

| 9. RESULTADOS DE AJUSTE Y RECALIBRACION | | | | | |
|---|--------------------|---------------|------------------|------------------|--|
| Tolerancia (mm) | Como se encontró | Como se dejó | Ajuste Realizado | Ajuste Requerido | Fecha sugerida para la próxima Calibración |
| ±0.4 | Estado desconocido | En tolerancia | No | No | |

10. COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS
El pluviómetro debe ser ajustado

| Calibración | Ajuste y recalibración |
|------------------|------------------------|
| | |
| Fis. Jorge Soria | |

| Aprobado por: |
|----------------------|
| |
| Ing. Marcelo Aysbaca |

Reporte N° C-000320-RR-A

Página 1 de 1

Este certificado no puede ni debe ser reproducido completamente o parcialmente sin la aprobación por escrito del Centro de Metrología del INAMHI.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Centro de Metrología

Pais
Ciudad
Dirección

Ecuador
Chullo
Itaqueño N35-14 y Corea

Teléfono
Fax
Página WEB

(593-2) 3971100
(593-2) 2241874
http://www.inamhi.gob.ec



INAMHI

LABORATORIO DE METROLOGIA GRUPO DE INNOVACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

| 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE | |
|----------------------------|-------------------------|
| Número de Pedido | P-0000320 |
| Cliente | IDT - INAMHI |
| Dirección | Iñaquito N36-14 y Corea |
| Teléfono | (593-2) 3971100 Ext.307 |
| Correo Electrónico | meyabaca@inamhi.gob.ec |

| 2. IDENTIFICACIÓN DEL REPORTE | |
|-------------------------------|---------------------|
| Número de Reporte | C-000320-T-C |
| Número de Páginas | 1 página |
| Código de Procedimiento | LAMMET-005 |
| Parámetro Calibrado | Temperatura |
| Fecha de Calibración | 25 de enero de 2012 |

| 3. EQUIPO DE REFERENCIA | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------|--------------------------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fecha Última Calibración |
| Generador de Humedad | Thunder Scientific 2500 | 1001778 | 19 de enero de 2010 |
| Termómetro de Lectura | Fluke 1529-R | B05221 | 19 de mayo de 2010 |
| Termistor | Fluke 5626 | 2373 | 1 de febrero de 2010 |

| 4. CONDICIONES DE LABORATORIO | |
|-------------------------------|-------------|
| Variable | Medida |
| Temperatura | 20°C ± 2°C |
| Humedad relativa | 52% ± 5% |
| Presión Atmosférica | 730 ± 3 hPa |

| 5. EQUIPO BAJO PRUEBA | | | | | |
|-----------------------|--------|----------|------------|--------------------|--------------------|
| Instrumento | Modelo | N° Serie | Fabricante | Rango de Medición | Examinación Física |
| Sensor de Temperatura | 107 | S/S | S/F | De -35 °C a + 50°C | Sin novedades |
| | | | | | |
| | | | | | |

| 6. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO |
|--|
| El sensor de temperatura fue calibrado mediante la comparación de las lecturas dadas por el datalogger Campbell con las lecturas dadas por el equipo de referencia citado en la sección 3. Las temperaturas de este reporte están basadas en la Escala Internacional de Temperatura ITS-90. El tiempo de estabilización entre cada uno de los puntos tomados como referencia fue de 2 horas. El equipo de referencia usado es trazable a NIST. Las incertidumbres reportadas más adelante corresponden a un nivel de confianza del 95% y están expandidas con k=2. |

| 7. REPORTE DE CALIBRACIÓN | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Punto | Referencia (°C) | Lectura (°C) | Corrección (°C) | Incertidumbre (°C) |
| 1 (50% HR) | 10.120 | 10.12143 | -0.001 | ±0.130 |
| 2 (50% HR) | 20.232 | 20.23102 | -0.02 | ±0.130 |
| 3 (50% HR) | 34.898 | 34.88481 | 0.01 | ±0.130 |
| 4 (50% HR) | 45.218 | 45.20842 | 0.01 | ±0.130 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| 8. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN | | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|--|
| Tolerancia | Como se encontró | Como se dejó | Ajuste Realizado | Ajuste Requerido | Fecha sugerida para la próxima Calibración |
| ±0,4°C | Estado desconocido | En tolerancia | No | No | Julio de 2012 |

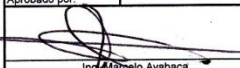
| 10. COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS |
|---------------------------------|
| |

Llevado a cabo por:



Fis. Jorge A. Soria

Aprobado por:



Ing. Marcelo Ayabaca

Reporte N° C-000103-T-C

Página 1 de 1

Este certificado no puede ni debe ser reproducido completamente o parcialmente sin la aprobación por escrito del Centro de Metrología del INAMHI.

| | | | | |
|---|-----------|-------------------------|------------|--------------------------|
| Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos | Pais | Ecuador | Teléfono | (593-2) 3971100 |
| Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología | Ciudad | Quito | Fax | (593-2) 2241874 |
| Laboratorio de Metrología | Dirección | Iñaquito N36-14 y Corea | Página WEB | http://www.inamhi.gob.ec |

Latacunga, diciembre del 2012

AUTORÍA

ELABORADO POR:

GARZÓN OSORIO FREDDY

C.C: 050242878-2

TAPIA MANTILLA CHRISTIAN

C.C: 180362135-6

APROBADO POR:

Ing. Nancy Guerrón

DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO