

BIBLIOTECA — CENTRO DE
GRADUADOS E INVESTIGACION
A. T. L.



INSTITUTO TECNOLÓGICO
de la laguna



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“Integración de Dispositivos Inalámbricos a Sistemas de Monitoreo Meteorológico”

POR

Carlos Juárez Esquivel.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Francisco G. Flores García

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Guillermo González Cervantes

ISSN: 0188-9060



RIITEC: (01)-TMCIE-2013

Torreón, Coahuila, México, Junio, 2013

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Subsecretaría de Educación Superior
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente
Av. de las Ciencias s/n. Toluca, México

"2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"

Torreón, Coah., Mayo, 2013

DR. JOSE LUIS MEZA MEDINA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Por medio de la presente, hacemos de su conocimiento que después de haber sometido a revisión el trabajo de tesis titulado:

"Integración de Dispositivos Inalámbricos a Sistemas de Monitoreo Meteorológico"

Desarrollado por el C. **Carlos Juárez Esquivel**, con número de control **M04131056** y habiendo cumplido con todas las correcciones que se le indicaron, estamos de acuerdo que se le conceda la autorización de la fecha de examen de grado para que proceda a la impresión de la misma.

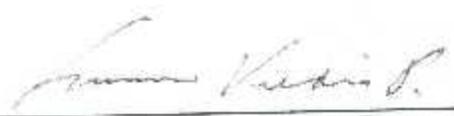
ATENTAMENTE



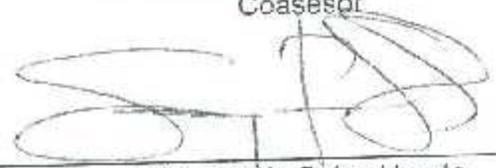
Dr. Francisco G. Flores García.
Asesor/Director



Dr. Guillermo Glez. Cervantes.
Coasesor



Dr. Francisco Valdés Perezgasga.
Comité Tutorial



M.C. Sergio Salas Huerta.
Comité Tutorial



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Sistema de Educación Superior
Dirección General de Educación Superior Tecnológica
Instituto Tecnológico de Toluca

“2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano”

Dependencia: **DEPI**
Oficio: **DEPIJ/124/2013**
Asunto: **Autorización de impresión
de tesis.**

Torreón, Coah., **Junio, 2013**

C. Carlos Juárez Esquivel
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA.
PRESENTE

Después de haber sometido a revisión su trabajo de tesis titulado:

“Integración de Dispositivos Inalámbricos a Sistemas de Monitoreo Meteorológico”

Habiendo cumplido con todas las indicaciones que el jurado revisor de tesis hizo, se le comunica que se le concede la autorización con número de registro RIITEC:(01)-TMCIE-2013, para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE

DR. JOSÉ LUIS MEZA MEDINA
Jefe de la División de Estudios
de Posgrado e Investigación

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
de Toluca
División de Estudios de Posgrado
e Investigación





Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, por su apoyo incondicional, su guía, ejemplo y dedicación que forjaron lo que soy. A mi familia, que siempre está ahí para darme la mano y encaminarme. A Dios y a mis ángeles que cuidan de todos nosotros desde allá arriba.



Agradecimientos

Agradezco a CONACYT por el apoyo económico durante mis estudios de Maestría.



Índice

Dedicatoria	1
Agradecimientos	2
Índice	3
Índice de Figuras	4
Resumen	5
Abstract	6
Capítulo I Introducción	7
1.1 Introducción	7
1.2 Antecedentes y Estado del Arte	9
1.3 Objetivo General	12
1.4 Justificación	12
1.5 Marco Teórico	13
1.5.1 Agrometeorología y Monitoreo de Clima	13
1.5.2 Variables y Sensores	15
1.5.2.1 Temperatura. Termómetros.	15
1.5.2.2 Radiación Solar. Piranómetro.	19
1.5.2.3 Viento: Velocidad y Dirección. Anemómetro.	21
1.5.2.4 Lluvia y Acumulado de Precipitación. Pluviómetro.	24
Capítulo II Desarrollo	26
2.1 Componentes de la estación	26
2.1.1 Termómetro	27
2.1.2 Piranómetro	30
2.1.3 Anemómetro	32
2.1.4 Pluviómetro	35
2.1.5 Tarjeta PICPLC168	36
2.2 Alimentación	38
2.2.1 Panel Solar	39
2.2.2 Batería	41
2.2.2.1 Circuito Cargador	42
2.2.3 Circuito de Alimentación para Sensores	43
2.3 Comunicación	45
2.4 Programación	46
2.5 Interface	50
2.6 Montaje	52
Capítulo III Resultados y Observaciones	54



Capítulo IV Conclusiones y Trabajo a Futuro	56
Bibliografías y Referencias	60
ANEXOS	63
Anexo A Hojas de Datos	63
Anexo B Diagramas Esquemáticos y Diseño de Circuitos Impresos	69
Anexo C Resolución al Sistema de 3 ecuaciones para los coeficientes de la formula de Steinhart Hart	73
Anexo D Capítulo III Resultados y Observaciones	75

Índice de Figuras

Figura	1.01	Termómetro de Vidrio	16
Figura	1.02	Termómetro Bimetálico	16
Figura	1.03	Termómetro de Resistencia	17
Figura	1.04	Termistores	18
Figura	1.05	Termopar	18
Figura	1.06	Piranómetro Térmico	20
Figura	1.07	Piranómetro Fotovoltaico	20
Figura	1.08	Anemómetro	21
Figura	1.09	Representación Azimut	22
Figura	1.10	Veleta de Viento	23
Figura	1.11	Pluviómetro	24
Figura	2.01	Termistor Davis 78117	27
Figura	2.02	Curva y Tabla de Resistencia/ Temperatura	27
Figura	2.03	Piranómetro Davis 6450	30
Figura	2.04	Diagrama Esquemático del Piranómetro	30
Figura	2.05	Anemómetro Davis 6410	32
Figura	2.06	Pluviómetro Davis 7852	35
Figura	2.07	Tarjeta PICPLC16B	36
Figura	2.08	Panel Solar EPCOM WK-5012	40
Figura	2.09	Batería de Acido-Plomo	41
Figura	2.10	Circuito Cargador Solar	42
Figura	2.11	Circuito Fuente	43
Figura	2.12	Modem Xtend-PKG	45
Figura	2.13	Interfaz de la estación en QGIS	50
Figura	2.14	Estación Meteorológica ECLAG3	52



Resumen

Debido al incremento en la demanda de alimento, aumenta el consumo de agua en las actividades agropecuarias, por este motivo la agricultura de precisión se apoya en los Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) y las estaciones meteorológicas para optimizar el uso del agua. Al obtener con estos sistemas las variables ambientales y al observar sus cambios a los cuales están expuestos los cultivos, es posible calcular las cantidades y métodos requeridos para hacer un adecuado tratamiento e irrigación. Un sistema de monitoreo climático comprende una serie de sensores que miden las variables del clima, los cuales requieren de voltaje de alimentación y de un controlador que reciba y envíe esta información, caso que pudiese ser inconveniente debido al largo cableado. Con el propósito de brindar información precisa, en esta tesis se presenta el diseño de una estación meteorológica la cual es energizada por un panel solar y que carga una batería, se le integra al controlador la capacidad para poder de recibir datos inalámbricamente y enviar toda esta información por medio de antena a un ordenador con interfaz desarrollada en sistema GIS donde pueden leerse mientras crea una base de datos para su futuro análisis.



Abstract

Due to the increasing demand for food, water use increases in agriculture. Precision agriculture based on Geographic Information Systems (GIS) and weather stations is a valuable tool for efficient water use. Obtaining these environmental variables and observing their changes and their impact on both cattle and crops, allows the optimization of water use. A climate monitoring system comprises a number of sensors that measure climate variables. These sensors require a supply voltage and an electronic system to receive and transmit this information. In order to provide accurate information, this thesis presents the design of a weather station which is powered by a solar panel that charges a battery, the electronic system integrates the ability to receive and send data wirelessly via an antenna to or from a computer where they can be read while it creates a database for further spatial analysis in a GIS system.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Se puede decidir con precisión cuales procesos de producción, tipos de ganado que se pueden criar y demás actividades agropecuarias se han de realizar al considerar las condiciones meteorológicas y ambientales. Otras variables como el tipo de suelo, la cercanía con una fuente de agua para el riego también son tomadas en cuenta.

Sea cual sea la locación donde se estén desarrollando estas actividades, el agua funge como uno de los principales determinantes en la agricultura. No olvidemos que el agua es indispensable para la vida, incluida la del ganado y las plantas de los cultivos.

Al incrementar la demanda de consumo en alimentos, mayormente provenientes del sector agropecuario, también aumenta el incremento en el consumo de agua. Este elemento básico como protagonista de estos procesos, debe ser monitoreado en todos sus aspectos, en otras palabras conocer todo el ciclo del agua en la región.

Un sistema de monitoreo meteorológico y los sistemas de información geográfica (GIS) ayudan al interesado, sea el agricultor, el ganadero, etc., a proporcionarles todos estos parámetros e información existentes en el medio ambiente de la zona y que se encuentran en constante cambio para determinar el estado en el que se encuentran el lugar, los animales y los cultivos, y de esta forma predecir las condiciones y los efectos que estos cambios climatológicos tendrán sobre ellos.



Además de medir y conocer estas mismas condiciones, con los objetivos ya mencionados, también son requeridos para poder obtener una estimación aproximada de la probable producción en base a todas las características ambientales proporcionadas por la zona. Para este caso en particular, el presente proyecto propone un sistema de monitoreo meteorológico para la rama de la agricultura cuyos sensores meteorológicos, para la medición de los parámetros climáticos, se conecten con una base por medio de una comunicación inalámbrica.

Estos sistemas de medición climática ya han sido desarrollados y fabricados por marcas comerciales extranjeras, sin embargo tienen el inconveniente de ser altamente costosos y el soporte técnico y mantenimiento para estos equipos es igualmente costoso y difícil de conseguir. Por esto la necesidad de implementar una estación meteorológica con tecnología desarrollada aquí mismo en México.



1.2 Antecedentes y Estado del Arte

La capacidad de los pueblos para producir los alimentos de consumo propio y de su ganado depende del clima; los cambios climáticos repercuten en la producción agrícola y puede provocar una drástica reducción en el rendimiento de las cosechas creando una falta de seguridad [1].

Es por este motivo que los agricultores optan por nuevas prácticas y métodos agrícolas que los vayan adaptando a los cambios, es aquí donde entra la Agricultura de Precisión (AP).

La Agricultura de Precisión trata los factores de producción acorde a las características de cada zona con el objetivo de maximizar el uso eficiente de los recursos, esta metodología incorpora las herramientas tecnológicas disponibles en la actualidad.

Algunas de estos sistemas son:

- ❖ Los sistemas de referencia e información geográfica(GIS).
- ❖ Estaciones de monitoreo meteorológico.

que recolecten, almacenen y analicen la información obtenida de las variables ambientales sobre una base de datos, generando reportes y mapas con toda esta información, evaluando y estimando la producción para finalmente definir las cantidades de recursos, métodos y materiales a utilizar [2].

Esta metodología de la AP permite al agricultor tomar mejores decisiones para obtener un mejor rendimiento en su producción y hasta puede considerar la opción, si es rentable, de automatizar sus procesos de producción, incluyendo por supuesto la irrigación.



Mientras se asienta la AP en las regiones agrícolas, hay zonas donde aún contando con el acceso a la tecnología no son capaces de utilizarla. Ya sea por falta de conocimiento, o el impacto económico de implementar este tipo de sistemas no son rentables y entonces no son considerados.

Piensan también, que no son necesarios argumentando que los métodos tradicionales son mejores. Puede que sea cierto sin embargo el desgaste de los recursos hídricos actual es muy alto.

Sea cual sea el motivo por el cual no decidan implementar la AP y los sistemas que la apoyan, deben comenzar a conocer, adentrarse y aplicar estas alternativas. Se está volviendo una necesidad dada la situación en la que estamos viviendo por el consumo y el incremento en la demanda alimenticia.

Uno de los insumos agrícolas más importantes es el agua y actualmente la agricultura consume el 70% del agua usada en el mundo y aproximadamente 25% de la tierra agrícola está sumamente degradada. La presión ejercida sobre ellos ha alcanzado niveles críticos y el cambio climático pudiera empeorar la degradación progresiva de los sistemas de tierras y agua. Existe la disposición de estos recursos, sin embargo la distribución no es uniforme, y un gran número de países viven en una escasez de agua [3].

El clima y su variabilidad plantean mucha importancia así como también pueden llegar a generar problemas en la agricultura; estos cambios son los causantes de que la producción anual sea distinta año con año.

De las tecnologías antes mencionadas para la asistencia de la AP, se encuentran las estaciones de monitoreo meteorológico. Al tomar en cuenta los cambios en el clima para desarrollar las actividades agropecuarias, se habla



ya de Agrometeorología, y cuando deciden apoyarse los agrónomos en estos sistemas y métodos para obtener la información ambiental de la zona logran una mejor producción.

Además contribuyen a un uso y consumo responsable del agua al aprovecharla al máximo con el conocimiento previo del comportamiento del elemento en el ambiente. Pueden también prever las precipitaciones para abastecerse y utilizarlas como sistemas de riego.

Van ya algunas décadas desde que se comenzó esta tendencia y metodología monitoreando en invernaderos. Un antecedente de esto por parte de la Universidad de Nottingham que levantaron invernaderos a finales de los 70's los cuales tenían un ordenador y controlador central para ventilación, calefacción y humidificador, este mismo ordenador recibía las mediciones de temperatura, humedad y otras 20 variables dentro del invernadero [4].

Se dan situaciones en las que las ubicaciones de los plantíos o las áreas de ganado se encuentren a distancias muy largas y la idea de ir a recolectar los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas para su análisis, no es agradable; es por este motivo que se han estado desarrollando bases de datos para almacenar y enviarlas a través de internet.

Para la recolección y transmisión remota de datos meteorológicos se requiere implementar tecnologías de comunicación inalámbricas, como el caso donde se aplican los General Packet Radio Services (GPRS) y la comunicación serie de antenas, para recepción, envío y despliegue de resultados usando interfaz en red con un servidor [16].



1.3 Objetivo General

- ❖ Se tiene como objetivo general implementar un sistema de monitoreo meteorológico
- ❖ Se busca la posibilidad de integrarle al sistema la capacidad de manejar protocolos de comunicación inalámbrica entre los sensores y la tarjeta de control.

1.4 Justificación

A causa del consumo excesivo de los recursos hídricos en el mundo, se requiere que se hagan las inversiones necesarias para ubicar nuevas zonas cultivables, y que estas regiones sean capaces de contener y controlar las cantidades de agua utilizadas para este sector.

En las actividades agropecuarias, tener un conocimiento previo, actual y adelantado de los cambios en el clima, permite obtener el máximo provecho del agua para riego sin desperdiciar el preciado líquido, pues el uso y consumo de este elemento debe ser el adecuado.

Al instalar estaciones meteorológicas en los campos de cultivos y zonas pecuarias, se evitan el recorrido continuo de ir a medir, sin embargo, los datos suelen quedar almacenados en la consola lo que obliga al interesado a ir a recolectarlos; este es uno de los motivos para integrarle la capacidad de comunicación inalámbrica al proyecto.



1.5 Marco Teórico

1.5.1 Agrometeorología y Monitoreo de Clima

La agrometeorología (climatología agrícola) es una rama de la ciencia que se ocupa de la influencia del clima sobre las condiciones de las plantas agrícolas, la ganadería, la ocurrencia de las influencias perjudiciales (tanto biológicos como de clima acondicionado) y especialmente sobre los métodos de explotación agrícola en general [5].

La agrometeorología requiere tomar la medición de las variables ambientales. La manera en la que se solía hacer esto y que en algunas regiones aun se hace, es tomar cada sensor de las variables que necesitaran medir, estos son termómetros, barómetros, anemómetros, evaporímetros, pluviómetros, piranómetros y sensores de humedad entre muchos otros y se dirigen a la zona en la cual harán estas mediciones en cierto tiempo o incluso a lo largo del día.

Una vez que se han recolectado los datos, comienzan a realizar una serie de cálculos sobre estos datos, promedios, máximos y mínimos, porcentajes, acumulados, incrementos y descensos etc..

Todo en torno a la zona del cultivo, además de contar también con las medidas hechas sobre el mapa de la región obteniendo latitudes, determinando coordenadas geográficas y cuadrantes, inclinaciones y otras unidades relativas al área [6]; en fin, realizar estas actividades puede tomar mucho tiempo valioso para el agricultor.

Este último procedimiento de ir a tomar mediciones geográficas al lugar, es también utilizado para definir la ubicación de una estación meteorológica.



La observación agrometeorológica actualmente emplea análisis instrumentales de los principales factores meteorológicos y la observación en campo del estado de los cultivos.

Una estación meteorológica es un dispositivo con sensores y que es capaz de registrar y recolectar la información meteorológica de forma automática y en tiempo real y permiten monitorear la variación de los parámetros ambientales [7].

La obtención autónoma de la información de las variables ambientales de la zona permite al agrónomo hacer todos los procedimientos antes mencionados en conjunto y al integrarle un ordenador como receptor de los datos ya directamente en él, son más fáciles y menos laboriosas las operaciones que deben calcular, así hacen las tomas de decisiones y actividades mas rápido.



1.5.2 Variables y Sensores

Como fue mencionado, las estaciones meteorológicas están compuestas por una consola central que reciben constantemente las mediciones de los sensores de cada variable ambiental.

Es de suma importancia contar con estas variables en las actividades agropecuarias; debe considerarse que por cada región las necesidades suelen ser diferentes y para el caso particular de este proyecto serán usados los siguientes sensores, cuya descripción se dará a continuación.

1.5.2.1 Temperatura. Termómetros.

La temperatura es una de las mediciones más comunes e importantes en los procesos industriales y, de nuestro interés, en las actividades agrícolas.

Los procesos fisiológicos y funciones de las plantas se dan en cierto rango de temperatura, estos cambios como la fotosíntesis y el desarrollo de la planta responden diferente dependiendo de la temperatura; al monitorear las temperaturas e identificar las críticas máximas y críticas mínimas pueden obtenerse las unidades de calor (UC) y las horas frío.

La UC se ocupa de integrar la curva de la temperatura ambiental entre el rango de la temperatura máxima crítica y la mínima crítica para el crecimiento adecuado de la planta, fuera de este rango la planta no madura o muere.

Las plantas suelen tener ya valores fijos y determinados de UC para cada etapa de desarrollo hasta la madurez, esto permite estimar el estado fenológico del cultivo para finalmente obtener una fecha aproximada de la madurez y programar la cosecha [8].



En cuanto a las horas frío, son las horas que pasa la planta a una temperatura menor a 7°C (usualmente), sin la cuota de horas frío incidentes en el cultivo, estos no salen de su letargo en primavera o lo hacen en forma defectuosa aunque la temperatura sea lo suficientemente alta.

La medición de temperatura quedara definida dependiendo del tipo de aplicación en la que será utilizada, de la precisión, de la velocidad de captación de la temperatura, del instrumento indicador, entre otros factores.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos precisamente por la temperatura entre algunos de ellos figuran [9]:

- ❖ los que varían en volumen o estado del cuerpo.
- ❖ los que varían de resistencia de un conductor o en un semiconductor, siendo estos las sondas de resistencias y los termistores.
- ❖ termopares creando f.e.m. de la unión de 2 metales distintos.
- ❖ pirómetros que miden la intensidad de radiación de calor emitida por un cuerpo.

Se nombran y describen en seguida, algunos de estos termómetros.

- ❖ Termómetros de vidrio (fig 1.01): constan de un deposito de vidrio que puede contener mercurio, pentano, alcohol o tolueno, y que al calentarse se expande y sube.



Fig 1.01 Termómetro de vidrio.



- ❖ **Termómetros Bimetálicos (fig 1.02):** se basan en el coeficiente de dilatación de 2 metales diferentes, las laminas pueden ser rectas o curvas.



Fig 1.02 Termómetro Bimetálico.

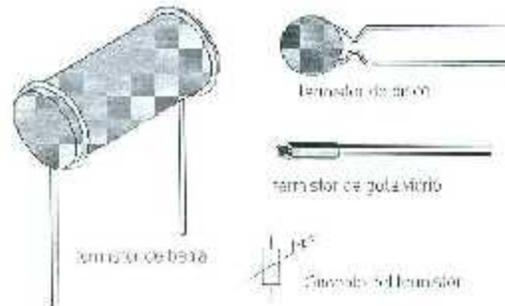
- ❖ **Termómetros de Resistencia (fig 1.3):** la medida por resistencia esta en función de la temperatura dependiente de las características del elemento. Este suele ser un enrollado de un fino hilo conductor bobinado entre aislante y protegido con revestimiento cerámico. El conductor tiene su coeficiente de temperatura de resistencia que muestra la variación de la resistencia en ohmios respecto a la temperatura.



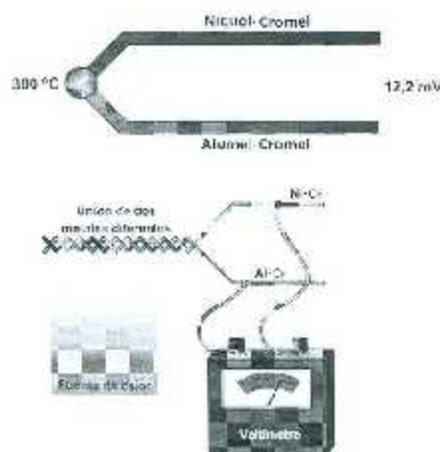
Fig 1.03 Termómetro de resistencia.



- ❖ Termistor (fig1.04): similar al termómetro de resistencia, son semiconductores con coeficiente de resistencia negativo de valor elevado, donde cambios tenues en la temperatura son en extremo elevados en el semiconductor.



- ❖ Termopar (fig1.05): basada en la circulación de corriente en 2 metales distintos y sus uniones se mantienen a diferente temperatura; obedecen los efectos de liberación o absorción de calor de Peltier y Thomson al pasar la corriente en la unión y el metal en el que existe el gradiente de temperatura.





1.5.2.2 Radiación Solar. Piranómetro.

La meteorología agrícola se ocupa de las condiciones meteorológicas en las capas más bajas de la atmósfera, donde la energía de la radiación solar sobre la superficie del suelo y de las plantas influye directamente en los acontecimientos meteorológicos; por este motivo es que la radiación solar es importante dentro de la agrometeorología.

La radiación solar genera 2 procesos principales en las plantas: los energéticos (fotosíntesis) y los procesos morfogénicos (crecimiento y desarrollo de la planta [15].

La radiación solar directa suele ser debilitada debido a factores como vapor de agua, oxígeno, ozono y los distintos ángulos del sol; y cuando la turbiedad es causada por polvo u otras impurezas en la atmósfera se le designa como aerosol. Estas variables suelen tener constantes y con ellas se puede determinar el valor de turbiedad que debilita la radiación solar.

Debido a la influencia de la atmósfera, la radiación solar llega como radiación paralela (radiación directa) y radiación difusa (radiación del cielo). La radiación global es la suma de las radiaciones antes mencionadas [5].

De la radiación global incidente en las plantas solo una porción es aprovechada para la fotosíntesis. La respuesta de las plantas es diferente respecto a cada longitud de onda.

El instrumento necesario para medir la radiación global es el piranómetro, mientras que para medir la radiación directa es por medio de pirheliómetros.



Estos últimos deben recibir el haz solar directo por lo tanto precisa que vaya montado sobre mecanismos de seguimiento.

Existen varios tipos de piranómetro y a continuación se describen brevemente 2 de ellos:

- ❖ Piranómetro Térmico (fig1.06) : constituido por una pila termoeléctrica la cual contiene una serie de termopares horizontalmente ubicados; el flujo de calor originado por la radiación se transmite a la termopila, generándose una tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura entre los metales de los termopares.



Fig 1.06 Piranómetro térmico.

- ❖ Piranómetro Fotovoltaico (fig1.7): su efecto es fotoeléctrico, la radiación incide sobre un fotodiodo capaz de diferenciar el espectro solar por la frecuencia de la onda electromagnética, y de ese modo, mediante la lectura de voltaje, conocer los datos de radiación.



Fig 1.07 Piranómetro Fotovoltaico.



1.5.2.3 Viento: Velocidad y Dirección. Anemómetro.

Se le llama viento al desplazamiento de las masas de aire. El viento, tiene la propiedad de ser benigno o dañino, haciendo referencia a que suministra el dióxido de carbono; se le atribuye la fecundación de ciertos cultivos, por la otra parte causa tormentas, sequias, acarrea parásitos y virus entre otras.

El viento es de gran importancia para la determinación del clima, conocer este parámetro del lugar es esencial si se desea asentar una planta agrícola.

La unidad de medida de la velocidad es de m/s (metros por segundo) o de km/h (kilómetros por hora) y aplica la misma unidad para este parámetro climático. Dentro de las unidades para la velocidad de viento existe la llamada Escala de Beaufort que mide el viento desde 1 km/h siendo este calmado y representada con el número de Beaufort 0, hasta un número 12 a los huracanes con vientos superiores a los 115 km/h; esta escala solía usarse con anterioridad por los servicios meteorológicos, ahora ya esta descontinuada y descartada debido a su carencia de linealidad. [5]

El anemómetro (fig1.8) es el instrumento que se utiliza para hacer las mediciones de dirección y velocidad de viento. Para la meteorología se usan normalmente los anemómetros de molinete o cazoletas, que es un tipo de molino pequeño de 3 espas con cazoletas donde actúa el viento; el número de vueltas es leído directamente en un contador.



Fig 1.08 Anemómetro.



Existen otros tipos de anemómetros como:

- ❖ Anemómetro sónico.
- ❖ Anemómetro de resonancia acústica.
- ❖ Anemómetro de alambre caliente.
- ❖ Anemómetro de Laser Doppler.

su lectura es más complicada y son más costosos, sin embargo algunos de ellos ofrecen medidas más precisas en algunas condiciones más específicas.

Se ha descrito la velocidad de viento, pero para definir adecuadamente este parámetro ambiental, deben conocerse 2 magnitudes, la de velocidad y la de dirección del viento.

La forma más común para medir la dirección del viento es por medio del sistema polar. Entonces el viento es representado por un vector con la velocidad como magnitud y azimut en dirección.

El azimut es una representación angular en un sistema esférico de coordenadas. El vector de observación a un punto de interés es proyectado a un plano de referencia; el Angulo entre el vector proyectado y el plano de referencia es llamado azimut.

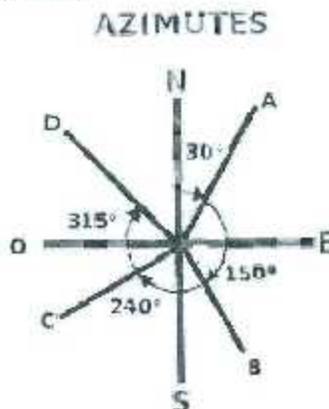


Fig 1.09 Representación Azimut.



El azimut se mide en grados ($^{\circ}$) en sentido contrario a las manecillas del reloj y se le asignan a cada 90° un punto cardinal.

360° y 0°	Norte
90°	Este
180°	Sur
270°	Oeste

La dirección de viento suele indicarse con una veleta (fig. 1.10) que gira libremente y señala sobre una cruz horizontal con los puntos cardinales de donde viene el viento.

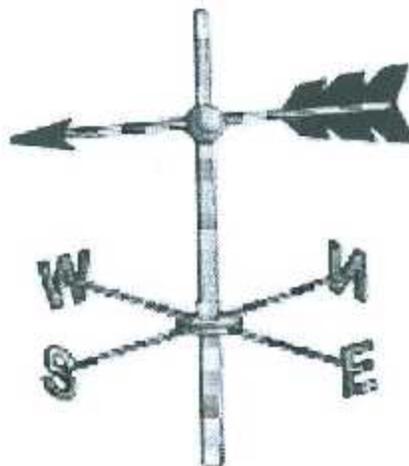


Fig 1.10 Veleta de Viento.



1.5.2.4 Lluvia y Acumulado de Precipitación. Pluviómetro.

La lluvia es un fenómeno meteorológico y parte del ciclo del agua, este proceso inicia al condensarse el vapor de agua en la atmosfera luego cae a la superficie terrestre. La lluvia depende de la presión atmosférica, la temperatura y la humedad del ambiente.

En las estaciones meteorológicas es imprescindible contar con el pluviómetro (fig.1.11), pues es el instrumento empleado para recolectar y medir la precipitación.

Se expresa en mm de altura la cantidad de agua que cae sobre una zona, un litro caído en un metro cuadrado alcanza una altura de 1mm. Se pueden determinar la intensidad de precipitación al hacer la medición en un minuto o en una hora o acumulado total del día.

Existen algunos tipos de pluviómetros:

- ❖ Manual: consiste en un recipiente cilíndrico con escala graduada.
- ❖ de Peso: donde un recipiente acumula el agua y se pesa para guardar la masa.
- ❖ de cubeta basculante: la más común, un embudo lleva el agua a las cubetas en balancín (subibaja) y estas ya tienen una cantidad preestablecida normalmente .2mm y cada que cae la cubeta se cierra un interruptor magnético haciendo así el conteo.



Fig 1.11 Pluviómetro.



1.5.3 Sistemas de Información Geográfica GIS

Los sistemas de información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) no tienen mucho tiempo desde que surgieron y ya se han convertido en una tecnología básica e imprescindible que permite capturar, almacenar, analizar y presentar datos espacialmente referenciados. [10]

La necesidad de contar con la información sobre el territorio viene de tiempos históricos; casi toda actividad humana ha podido medirse y mostrarse, ahora con dicha información ubicada sirve para la toma de decisiones desde las más triviales e insignificantes hasta decisiones en escenarios bélicos.

El interés en estos sistemas tiene un largo listado y ahora en esta era, el acceso a las demás tecnologías permite impulsarlos progresivamente resolviendo así esa necesidad de comprender todo tipo de información que contienen los territorios.

Algunas de las utilidades de este tipo de sistemas es conocer que rasgos posee o que existe en cierto lugar como que cultivos se están haciendo, que ganado se cria, que tipo de vegetación hay, que temperaturas golpean la zona, etc.

Un GIS trata de representar auténticamente el modelo real de los territorios al reproducirlo en los ordenadores. Pueden generarse capas para organizar solo algunos aspectos o rasgos que caracterizan una parte del territorio. Dentro de los *software* de GIS la representación de los datos, se da por modelos de datos siendo estos *Raster*, que utiliza píxeles que equivalen a las unidades que se refieren, y *Vectorial*, que usa figuras geométricas para representar las entidades.



CAPITULO II

DESARROLLO

Para el desarrollo de la estación de monitoreo meteorológico es importante contar con todos los sensores que han de comprender este sistema, con el procesador que ha de recibir, almacenar, procesar y enviar las lecturas de los sensores, y con la interfaz donde se ha de leer toda la información.

En este capítulo se habla sobre los sensores utilizados, sus características básicas y sus unidades. Se describe también la tarjeta y sus principales funciones en el sistema. Se conocerá y describirá la electrónica necesaria y utilizada para alimentar tanto al procesador como a los sensores de la misma forma que se hará con el circuito cargador de la batería.

Finalmente se darán, de manera breve, las ecuaciones y variables de caracterización de los sensores ya en el lenguaje de programación.

2.1 Componentes de la Estación

En esta sección encontrara desde los sensores que constituirán la estación y sus especificaciones tanto eléctricas así como las características para cada variable, hasta la elaboración de sus ecuaciones de caracterización para la lectura digital de cada uno de ellos. Estas ecuaciones se muestran listas ya para cambiarse al lenguaje de programación y del respectivo compilador para el procesador de la estación. Se incluye también la descripción de la tarjeta procesadora que trabaja con todos los sensores y que administra toda la información.



2.1.1 Termómetro

El sensor de temperatura seleccionado fue un Termistor Davis Instruments 7817 (Davis Instruments, San Francisco, California, E.U.A.) (fig. 2.01). Como fueron descritos en el Capítulo I, los termistores son resistencias que varían proporcionalmente de acuerdo a la temperatura a la que son sometidas, ofrecen una gran precisión en sus lecturas. Obtener su ecuación resulta ser un tanto complicado debido a que esta no es lineal, sino que tiene una curva exponencial como podrá observarse en la figura 2.02 donde ya están los valores de la temperatura respecto a la resistencia.

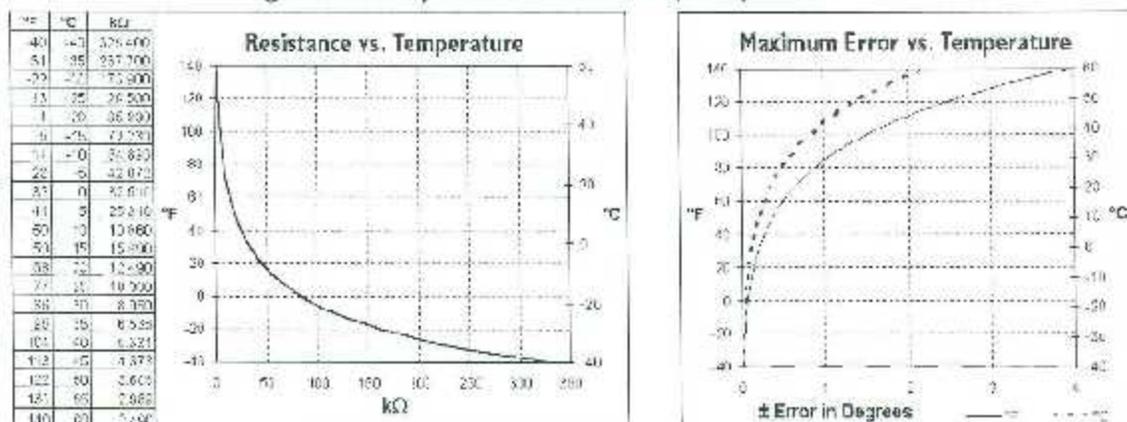


Fig 2.01 Termistor Davis Instruments 7817.

Se enlistan algunas características generales y principales de este termómetro.

- ❖ Sensor tipo termistor de cable de platino.
- ❖ Rango de -45°C a 60°C .
- ❖ Conexiones: Rojo y negro: común.
Verde y amarillo: Temperatura (resistencia variable común); $10\text{k}\Omega$ nominal.

Fig 2.02 Curva y Tabla de Resistencia/Temperatura.





Cuando la medición se hará de manera autónoma, debe programarse y calcularse los voltajes respecto a la resistencia primero con la ecuación de Steinhart - Hart, [11]

$$\frac{1}{T} = a + b \ln R + c \ln^3 R$$

donde las constantes se obtienen al resolver el sistema de 3 ecuaciones al sustituir R y T, de los extremos alto, medio y bajo del rango del termistor. Las temperaturas utilizadas en este método son en grados Kelvin, después de obtener toda la resolución se puede proceder a hacer la conversión de Kelvin a Celsius.

En esta ocasión, los valores son -40° , 10° y 60° C cuya conversión a Kelvin son 233° , 283° y 333° respectivamente para poder trabajar con el cálculo de la ecuación.

Sistema de 3 ecuaciones para Steinhart - Hart.

$$\frac{1}{233} = a + b \ln(328400) + c \ln^3(328400)$$

$$\frac{1}{283} = a + b \ln(19860) + c \ln^3(19860)$$

$$\frac{1}{333} = a + b \ln(2490) + c \ln^3(2490)$$

Se calculan y resuelven estas ecuaciones obteniendo así, los siguientes valores para las variables:*

* Nota: Se encuentra en el Anexo C el cálculo de los coeficientes de la ecuación de Steinhart-Hart.



$$a = .00114112$$

$$b = .000232013$$

$$c = 9.93958 e^{-8}$$

Teniendo los valores de las constantes a, b y c debe sustituirse los valores de R por ley de Ohm en el divisor de voltaje.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

La ecuación del divisor debe tener los valores utilizados para alimentar al sensor y con los cuales se hará la lectura. De esta ecuación se despeja R_2

$$R_2 = \frac{V_{out} R_1}{V_{in} - V_{out}} \qquad R_2 = \frac{10000 \Omega \cdot V_{out}}{4096 mV - V_{out}}$$

para integrarla a la ecuación de Steinhart - Hart. ambas usadas como base para finalmente obtener la siguiente ecuación lista para programarse y hacerle la lectura digital al termistor, donde debe sustituirse el resultado de R_2 .

$$T = \frac{1}{(.00114112 + (.000232013 \ln R_2) + (9.93985 e^{-8} \ln^3 R_2))}$$

Recordando, la ecuación de Steinhart - Hart trabaja con Kelvin, por lo tanto debe hacerse una conversión al final para obtener grados Centígrados.

$$TC = T - 273$$



2.1.2 Piranómetro

El piranómetro que será usado para la estación es un Sensor de Radiación Solar Davis Instruments 6450 (Davis Instruments, San Francisco, California, E.U.A.) (fig. 2.03), este mide la radiación global que, como se describió anteriormente, es la suma de la irradiación directa y difusa. El transductor de este sensor convierte la radiación incidente en corriente eléctrica.



Fig 2.03 Piranómetro Davis Instruments 6450.

El transductor es un fotodiodo y a este se le incluye un amplificador que se encarga de convertir la corriente en el transductor de 0 a +2.5 VDC.

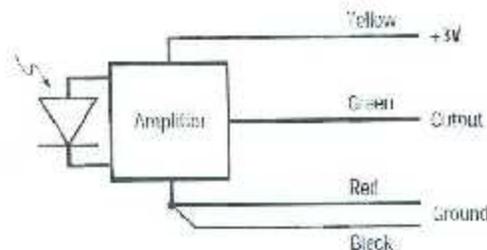


Fig 2.04 Diagrama Esquemático del Piranómetro.

Enseguida se enlistan algunas de las características más importantes de este sensor:

- ❖ Opera en el rango de temperaturas de -40° a 65° C.
- ❖ El transductor es un fotodiodo de silicón.
- ❖ Conexiones:
 - Verde :Output de 0 a +3 VDC $\pm 10\%$, a $1.67\text{mV por } \text{W/m}^2$.
 - Rojo y Negro: Tierra.
 - Amarillo: alimentación + 3VDC.



Para obtener su lectura digital, se considera prácticamente solo la terminal de salida que va de 0 a +3 VDC y sus unidades 1.67 mV por W/m^2 , que al ser dividido por el máximo en la terminal de salida (3300 mV considerando la tolerancia) se pueden medir 1976.04 W/m^2 como máximo.

Entonces para calcular la radiación global, simplemente debe dividirse el voltaje en la salida por la constante de la unidad.

$$Rad G = \frac{V_{out}}{1.67 mV}$$



2.1.3 Anemómetro

Se utiliza el Anemómetro Davis Instruments 6410 (Davis Instruments, San Francisco, California, E.U.A.) (fig2.05), este mide tanto la velocidad como la dirección del viento.



Fig 2.05 Anemómetro Davis 6410.

Sus rangos y precisión son verificados dentro de túneles de viento, sus componentes son capaces de soportar huracanes y hasta son sensibles a brisas ligeras.

Las características principales de este sensor son las siguientes:

- ❖ Cuenta con cazoletas y un interruptor magnético para medir la velocidad de viento a .98 Hz por m/s.
- ❖ Veleta con un potenciómetro de 20 k Ω para medir la dirección del viento.
- ❖ Conexiones:
 - Amarillo: alimentación.
 - Verde: output resistencia - voltaje.
 - Rojo: tierra.
- ❖ Rango de 3 a 241 km/h, 1 a 67 m/s.



Al leer digitalmente este sensor debe tomarse en cuenta que son 2 variables las que maneja requiriendo así una ecuación para cada una.

Es necesario para medir la dirección del viento, ubicar la posición donde entrega, en la salida de resistencia, 0 y 20 kΩ, este punto se le ha de denominar Norte y partiendo de aquí tomando los 360° de la circunferencia se irán ubicando los demás puntos cardinales como en azimut, de esta forma obtendremos la dirección precisa de donde viene el viento.

$$\frac{20000\Omega}{360^\circ} = 55.55 \Omega = 1^\circ$$

20kΩ = 360°	0Ω=0°	Norte
5kΩ = 90°		Este
10kΩ = 180°		Sur
15kΩ = 270°		Oeste

Se indica que por cada 1° son 55.55Ω, por lo tanto cada 5kΩ equivale a 90°, esto deberá incluirse dentro de la programación con la diferencia que en lugar de leer la resistencia se lee el voltaje que esta arroja.

$$\frac{20000 \Omega}{4096 mV} = 4.8828125 \Omega = 1 mV$$

20 kΩ = 4096 mV = 360°	0 Ω = 0 V = 0°	Norte
5 kΩ = 1024 mV = 90°		Este
10 kΩ = 2048 mV = 180°		Sur
15 kΩ = 3072 mV = 270°		Oeste



Finalmente para obtener los demás puntos cardinales se calculan de la misma forma y se agregan todos los puntos como comandos condicionales en la programación.

Ahora se procede a la lectura de la velocidad del viento. Se conoce que por cada 1 m/s las cazoletas hacen casi un ciclo completo (.98 Hz), con esto se hace el conteo en el interruptor magnético y se efectúa la división

$$\frac{X}{.98 \text{ Hz}} = V \text{ m/s}$$

donde X es la cantidad de ciclos que pasan por el interruptor sobre la unidad, obteniendo V la velocidad del viento; o puede hacerse la siguiente multiplicación

$$1.020408 \text{ m/s} * X = V \text{ m/s}$$

que es el resultado de la primer operación, donde un ciclo completo equivale a 1.020408 m/s .



2.1.4 Pluviómetro

Se selecciona el Colector de Lluvia (pluviómetro) Davis Instruments 7852 (Davis Instruments, San Francisco, California, E.U.A.) (fig. 2.06), la lluvia entra en el cono colector, pasa a través de un filtro de residuos y recolecta el agua en una de las cámaras de la cubeta basculante . Cuando la cámara ha recogido una cantidad de agua igual al incremento en el que el colector mide y se vierte, al hacer esto un interruptor se cierra y acomoda la segunda cámara en posición para repetir la acción.

Algunas características se enlistan enseguida:

- ❖ Cubeta basculante con interruptor magnético.
- ❖ Output: Señal de cierre por contacto.
- ❖ Cada cierre de contacto equivale a .2mm o .01".



Fig 2.06 Colector de Lluvia Davis Instruments 7852.

De igual forma que se hizo con el anemómetro para la velocidad de viento con el interruptor magnético, solamente tomamos la constante y se multiplica por la cantidad de veces que se active el interruptor (X) llevando el conteo durante el día y calcular los mm de agua que han caído podría hasta llevarse ese conteo por tiempos si se desea medir la intensidad de precipitación en un tiempo determinado.

$$P = X * 0.2mm$$



2.1.5 Tarjeta PICPLC16B

El cerebro de la estación, la tarjeta de desarrollo PICPLC16B de MikroElektronika (Belgrade, Serbia) (fig 2.07), es impulsada por un micro controlador PIC16F4520. La tarjeta se programa en un lenguaje Ansi C y trabaja con el compilador mikroC de la misma MikroElektronika, para los PICs de Microchip (Microchip Technology Inc, Arizona, E.U.A.).

El compilador mikroC cuenta con una IDE intuitiva, un poderoso compilador, contiene librerías de hardware y software, y herramientas adicionales que ayudan al usuario en sus tareas.

Es en este compilador donde se programan las instrucciones y todo el ciclo de los procesos de la estación generando el código de solicitud de datos, recepción, almacenaje, calculo y transmisión de la información.

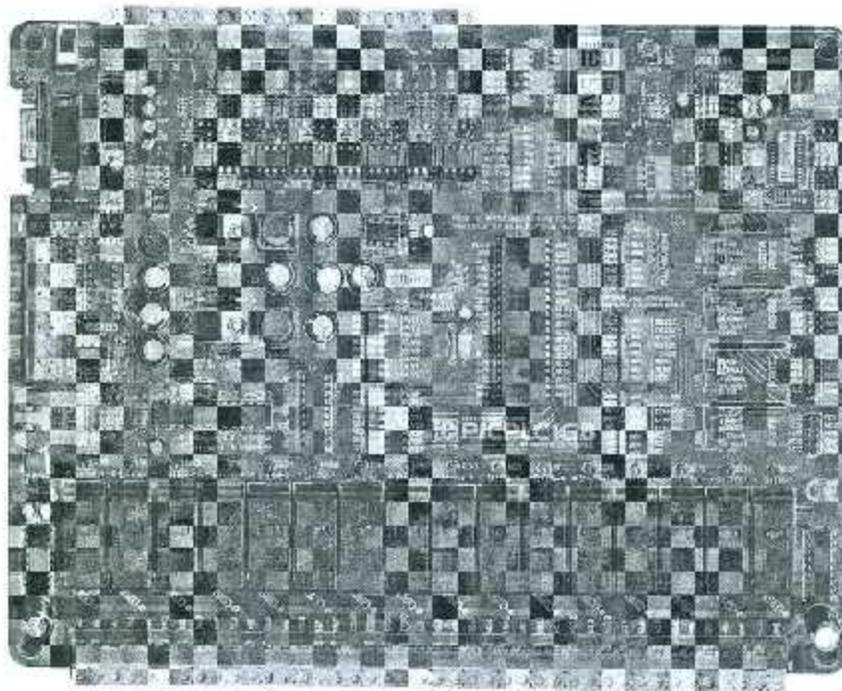


Fig 2.07 Tarjeta PICPLC16B.



Algunos de los componentes distintivos que contiene esta tarjeta son:

- ❖ Suministro de energía 16-30 VCD o 12-22 VCA.
- ❖ Voltajes de Referencia.
- ❖ Base y Micro controlador PIC16F4520
- ❖ Optoacopladores.
- ❖ Relevadores.
- ❖ Conectores para modo de desarrollo.
- ❖ Convertidor A / D.
- ❖ Conectores de acceso directo a los puertos.
- ❖ Interruptores DIP de control para puertos A y E.

Entre muchas otros componentes y propiedades que hacen a esta tarjeta un poderoso aliado; y, dentro de las características de la tarjeta antes mencionadas, el PIC donde se guardan todas las líneas de código, el convertidor A / D que se utiliza para las lecturas de los sensores y los relevadores para hacer el cambio de voltajes para disminuir el gasto energético de la batería, son de las más básicas e importantes para el proyecto.



2.2 Alimentación

La estación meteorológica comprende todos los sensores antes mencionados y la tarjeta de control y procesamiento PICPLC16B, de la compañía MikroElektronika. Tanto los sensores como la tarjeta deben ser energizados, sin embargo, trabajan a distintos voltajes y atendiendo la opción de mantenerse encendida y hacer lecturas durante todo el día, se instala un panel solar que alimenta a todo el sistema; este último funciona durante el día, por supuesto, mientras carga una batería y al atardecer se hace el cambio de alimentación.

El voltaje proporcionado por el panel es suficiente para energizar la tarjeta pues requiere 16 VCD, pero es demasiado para los sensores, por esto deben regularizarse los voltajes por medio de la electrónica.

En cuanto a la batería, esta no se cargara sola entonces requiere de un circuito cargador de batería teniendo cuidado y considerando las sobrecargas y descargas para no acortar la vida de la batería.

Aquí se darán a conocer los componentes que alimentaran al proyecto, su descripción y sus respectivos circuitos.



2.2.1 Panel Solar

Como es de saberse, un panel solar o celda fotovoltaica aprovecha la luz convirtiéndola en electricidad. Los paneles se categorizan por su entrega de voltaje y rangos de 100 a 320 W.

Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico en el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en 2 semiconductores próximos de diferentes materiales, produciendo así un campo eléctrico generando una corriente.

Últimamente el uso de los paneles solares ha ido incrementando, cuando antes se le utilizaban para relojes, calculadores, juguetes etc. tienen muchas aplicaciones como:

- ❖ Estaciones repetidoras de Radiocomunicación.
- ❖ Sistemas de comunicación en emergencias.
- ❖ Señalización ferroviaria.
- ❖ Calentadores de agua.
- ❖ Alimentación de equipo médico en zonas rurales.

De las aplicaciones antes mencionadas, y la que importa en este proyecto es la última, precisamente alimentar equipos en zona rurales este caso la estación meteorológica.



La estación meteorológica es energizada por un Panel Solar modelo WK-50-12 (EPCOM, Quilicura-Santiago, Chile) (fig.2.08) con las siguientes características.

- ❖ Potencia máxima: 50 W.
- ❖ Voltaje: 18V.
- ❖ Amperaje: 2.78 A.
- ❖ Máximo voltaje del sistema: 600V.
- ❖ Dimensiones: 810 x 541 x 35 mm.

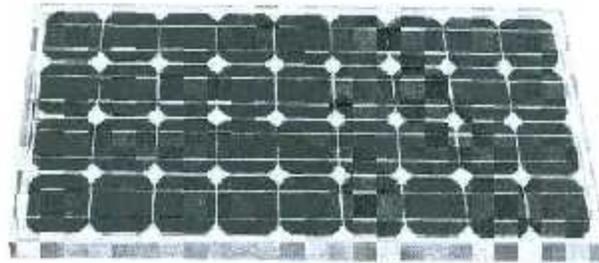


Fig 2.08 Panel Solar EPCOM WK-50-12

El panel cumple fácilmente con la demanda de energía de la tarjeta y con la de la batería para la carga.

El único inconveniente con los paneles solares es precisamente que dependen totalmente del sol. No se controla el clima y las nubes o la tierra (por el caso de nuestra región que se distingue por las tolvaneras) que obstaculizan el paso de la luz bajando el rendimiento pleno de la celda.



2.2.2 Batería

Cualquier sistema energizado por una celda solar y que requiera trabajar durante la noche se encuentra siempre con el problema de la falta de sol y se resuelve utilizando baterías recargables.

La estación meteorológica no es excepción, pues se quiere captar también la información de las variables ambientales en la noche, por lo tanto se integra una batería sellada de ácido-plomo (fig. 2.09) con las siguientes características:

- ❖ 12 VCD.
- ❖ 12 A / hora.
- ❖ Sistema de protección de carga excesiva.
- ❖ Soporta hasta 300° C.
- ❖ Dimensiones: 15 x 9.5 x 9.7 cm.
- ❖ Hasta 1000 ciclos de carga.



Fig 2.09 Batería de Acido-Plomo.



2.2.2.1 Circuito Cargador

Debe considerarse que el voltaje y la corriente que entrega el panel solar son continuos, a excepción de los días nublados y las noches, y debe tenerse cuidado con sobrecargar la batería pues puede acortarsele la vida reduciendo su eficiencia y requiriendo un reemplazo rápido.

Con un adecuado régimen de carga en la batería, se puede alargar la vida de esta por eso se diseño el siguiente circuito (fig2.10).

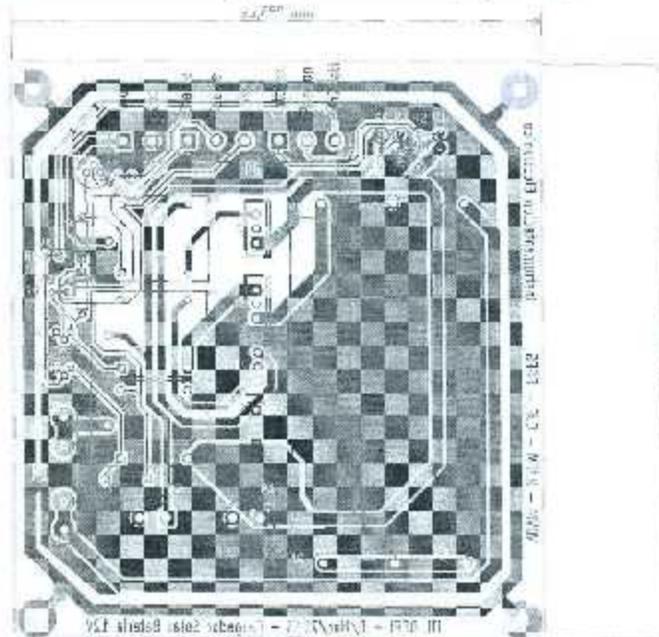


Fig 2.10 Circuito Cargador Solar

El circuito contiene transistores, resistencias de potencia, un fusible de protección y los conectores de bornes donde se conectan los voltajes del panel, tierra, para la entrada a la tarjeta y otros pines dirigidos a esta misma para controlar los relevadores. El control de los relevadores es para definir cuando debe entrar el puro panel, cuando debe entrar la batería y cuando debe cargarse la batería.



2.2.3 Circuito de Alimentación para Sensores

Se ha dicho anteriormente que los sensores y la tarjeta trabajan en diferentes voltaje, tomando en cuenta esta cuestión, se diseña el siguiente circuito que trabaja 3 diferentes voltajes, estos siendo 12V, 4.096V y 3.3 V. Los 12 V son proporcionados directamente de la tarjeta que es un voltaje de referencia.

Este circuito (fig 2.11) contiene :

- ❖ Reguladores de voltaje para generar los 3.3 V y los 4.096 V .
- ❖ Conectores de bornes donde entra todo el cableado de los sensores y conectores de salidas para entrar a la tarjeta.
- ❖ Contiene integrados 555 como detector de pulsos para los 2 sensores que generan señales de cierre (pluviómetro y anemómetro).

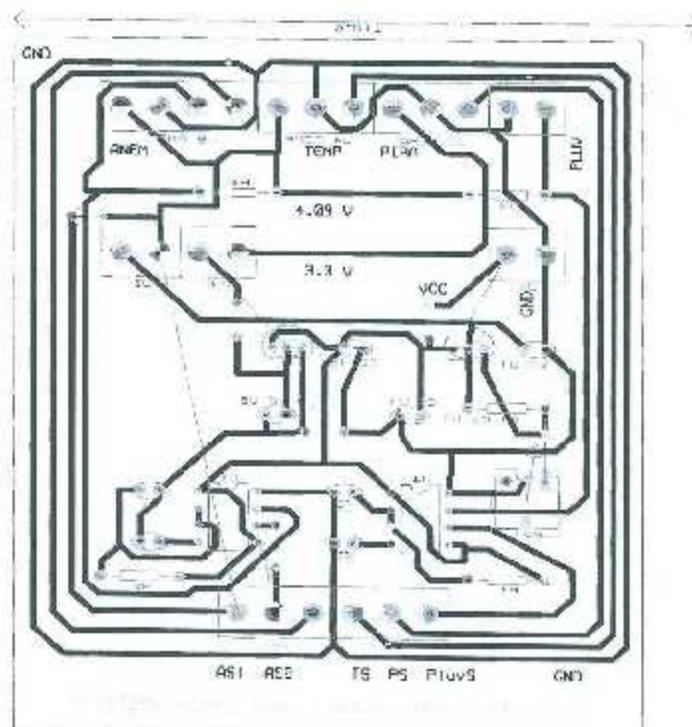


Fig 2.11 Circuito Fuente.



Se regulan los voltajes por las necesidades de los sensores, el piranómetro requiere de 3 a 3.3 VCD para funcionar mientras que el termistor y el potenciómetro del anemómetro no requieren un voltaje en específico, este motivo da lugar a utilizar 4.096 V porque el Convertidor A / D trabaja a 4096 bits ayudando a hacer más simple el cálculo de las variables y sus unidades, indicando que cada 1 mV equivale a 1bit.

Los 12 Volts son exclusivamente para los interruptores magnéticos del anemómetro y del pluviómetro. A este circuito se le integran los circuitos integrados 555 que limpia cualquier ruido proveniente de los interruptores magnéticos y hace la traslación en frecuencia para convertirla en filtro. [12]

Los conectores de bornes están posicionados en los bordes de la tablilla para recibir todas las conexiones de los sensores así como la salida de estos para dirigirse a las entradas en la tarjeta.

Encontrara en el Anexo B los diagramas esquemáticos y los circuitos impresos para el circuito del Cargador Solar y el Circuito Fuente. Y en el Anexo E puede observar fotografías de ambos circuitos ya instalados en la estación.

Estos circuitos del cargador de batería y el circuito fuente de los sensores, están diseñados como prototipos, no son definitivos y se continua el trabajo en nuevos modelos.



2.3 Comunicación

La estación recibe y procesa los datos que llegan desde los sensores, luego de hacer los cálculos y conversiones respectivas de cada variable, esta envía la información ya procesada a través de comunicación serial y antena.

Se utiliza un modem XTend-PKG-R RS-232 / 485 RF MaxStream (Digi International, Minnetonka, Minnesota, E.U.A.) (fig. 2.12), este mantiene una confiable entrega de datos entre dispositivos, el modem ya viene configurado y listo para mantener un enlace inalámbrico inmediato de largo alcance enviando información serial a través del modem y emergerán al otro extremo del enlace.



Fig 2.12 Modem XTend-PKG.

Características del Modem:

- ❖ Potencia de salida en Transmisión 1mW-1W.
- ❖ Alcance con antena dipolo 21dB: 900m.
- ❖ Velocidad de proceso y transferencia de datos: 9,600 o 115.200 bps.
- ❖ Frecuencia: 902-928 MHz .
- ❖ Voltaje de alimentación 7-28 V.
- ❖ Corriente de recepción: 110 mA.

El modem emisor, es la alimentado directamente de los 12 V de referencia de la tarjeta mientras que el receptor ubicado en el departamento de Meteorología de la UAAAN se alimenta con su propio regulador de voltaje. En la punta del poste que sostiene a todos los componente de la estación, se encuentra la antena lo mismo sobre la oficina del departamento.



2.4 Programación

El inicio de la programación depende de lo que se desea hacer y en el orden en el que se hará el trabajo, un pequeño diagrama de flujo se muestra en seguida. Entonces, el presente caso es de hacer lecturas analógicas y digitales de los sensores que comprenden la estación, para ello es necesario conocer lo que hace y pide el sensor en sí, sus componentes, requerimientos, conexiones y lo más importante, tener sus ecuaciones de caracterización que ya nos convierten los voltajes de salida a la unidades respectivas de cada sensor.

Antes de que los sensores fueran programados en el compilador de la tarjeta PICPLC16B mikroC, se hacen las pruebas con la plataforma y tarjeta de desarrollo Arduino UNO (Arduino, Turín, Italia) por el hecho de que la programación y la tarjeta son simples y no requieren de mayor preparación, donde se le escriben las ecuaciones calculadas anteriormente.

Los resultados de estas pruebas concluyeron sin mayor problema tanto individualmente como en conjunto y en tiempos, se dieron las lecturas a excepción del piranómetro que realmente requería estar al sol.

La programación de la tarjeta corre por parte de mikroC que es compilador para PICs y de licencia gratuita. La tarjeta PICPLC16B se le programa PIC todos los ciclos de lecturas, condiciones y las conversiones de estas a las unidades correspondientes para cada variable.

Las ecuaciones de caracterización finales de cada sensor para su lectura en lenguaje C, no resulta ser tan complicado pues son ecuaciones relativamente sencillas a excepción por el termistor para la temperatura que presenta una ecuación con logaritmos.



A continuación se mostraran algunas de las líneas de código que hace la lectura de los sensores en las ecuaciones de caracterización y el envío de los resultados por serial, estos como el programa de prueba en Ansi C lenguaje para mikroC.

```
int regresion_exponencial(unsigned int Vo) {
    float R,t;
    // R = (10000*Vo)/(4096-Vo)
    R = 10000.0*Vo;
    R = R/(4096.0-Vo);

    //TK = 1 / (.00114112 + (.000232013 * ln(R))+(9.93985e-8 * ln^3(R))
    t=0.000232013*log(R);
    t=t+(9.93985e-8*pow(log(R),3));
    t=t+0.00114112;
    t=1.0/t;
    //TC = TK - 273
    t=t-273.0;

    return (int)(t*10.0);
}

sfr sbit EXTERNAL_ADC_CS at PORTA.B5;
sfr sbit EXTERNAL_ADC_CS_L at LATA.B5;
sfr sbit EXTERNAL_ADC_CS_TRIS at TRISA.B5;

unsigned int EADC_Read(unsigned char channel) {
    union {
        unsigned int raw;
        struct {
            unsigned char low;
            unsigned char high;
        } nibble;
    } dato_leido;

    SPI1_Init();
    EXTERNAL_ADC_CS=0;
    SPI1_Write(0b00000110);
    dato_leido.nibble.high=SPI1_Read(channel<<6);
    dato_leido.nibble.low=SPI1_Read(0);
```



```
dato_leido.nibble.high&=0b00001111;  
EXTERNAL_ADC_CS=1;  
return dato_leido.raw;  
}  
  
void inicializar() {}  
void interrupt() {}  
void main() {  
  
    float temperatura=0;  
    float vel_viento=0;  
    float direccion_viento=0;  
    float radiacion_solar=0;  
    float lluvia_total=0;  
  
    unsigned int cuenta_int0;  
    unsigned int cuenta_int2;  
  
    int temporal;  
    unsigned int temporal2;  
  
    unsigned char cadena[14];  
  
    inicializar();  
  
    //NOTA: TODO ESTA CALCULADO CON 12 BITS, NO CON 10  
    while (1) {  
        delay_ms(60000);  
        // Lee y calcula temperatura.  
        temporal=EADC_Read(2);  
        temperatura=regresion_exponencial(temporal)  
  
        // Lee y calcula radiacion solar  
        temporal2=EADC_Read(1);  
        radiacion_solar=0.5988037109*temporal2;  
  
        // Lee y calcula dirección del viento.  
        temporal2=EADC_Read(0);  
        direccion_viento=0.08791209*temporal2;  
  
        // Lee el número de veces que contará INTO
```



```
    vel_viento=0.01670068*cuenta_int0; // Conteo por minuto, 1.0020408 <-- con
conteo x s;
    cuenta_int0=0;

    // Lee el número de veces que contÃ³ INT2
    lluvia_total=lluvia_total+(0.254*cuenta_int2);
    cuenta_int2=0;

    // Conversiones de flotantes a cadenas y envÃo por puerto serie
    FloatToStr(temperatura,cadena);
    UART1_Write_Text(cadena);
    UART1_Write_Text("Ã°C\n");

    FloatToStr(radiacion_solar,cadena);
    UART1_Write_Text(cadena);
    UART1_Write_Text("W/m2\n");

    FloatToStr(vel_viento,cadena);
    UART1_Write_Text(cadena);
    UART1_Write_Text("m/min ");

    FloatToStr(direccion_viento,cadena);
    UART1_Write_Text(cadena);
    UART1_Write_Text("Ã°\n");
}
}
```

Finalmente luego de que los programas base quedan funcionando juntos y ciclados en el PIC de la tarjeta, y después que hace la transmisión serial vía antena, el M.C. Victor D. Velasco Martínez compañero del grupo de trabajo, procede a detallar el programa dándole los ajustes de tiempos y lo más importante le deja integrado el sistema operativo que él se encuentra diseñando y desarrollando sobre la misma plataforma [13]. De esta forma la estación ya queda preparada para utilizar los nodos-sensores inalámbricos que se desarrollan en el departamento de Instrumentación Electrónica.



2.5 Interfaz

Habiendo concluido con las pruebas en el PIC de la tarjeta y observado que si hace la comunicación serial, los resultados se acoplaron a la interfaz grafica desarrollada por los compañeros del grupo de trabajo MC Víctor D. Velasco Martínez y MC Maria de Jesús Flores Medina.

La interfaz es diseñada en un *software* de GIS llamado QuantumGIS (Open Source Geospatial Foundation, Delaware, E.U.A.) de código libre, la programación del *software* es orientada a objetos, es capaz de recibir los datos vía serial desde la antena, decodificarlos y mostrarlos en la siguiente pantalla.

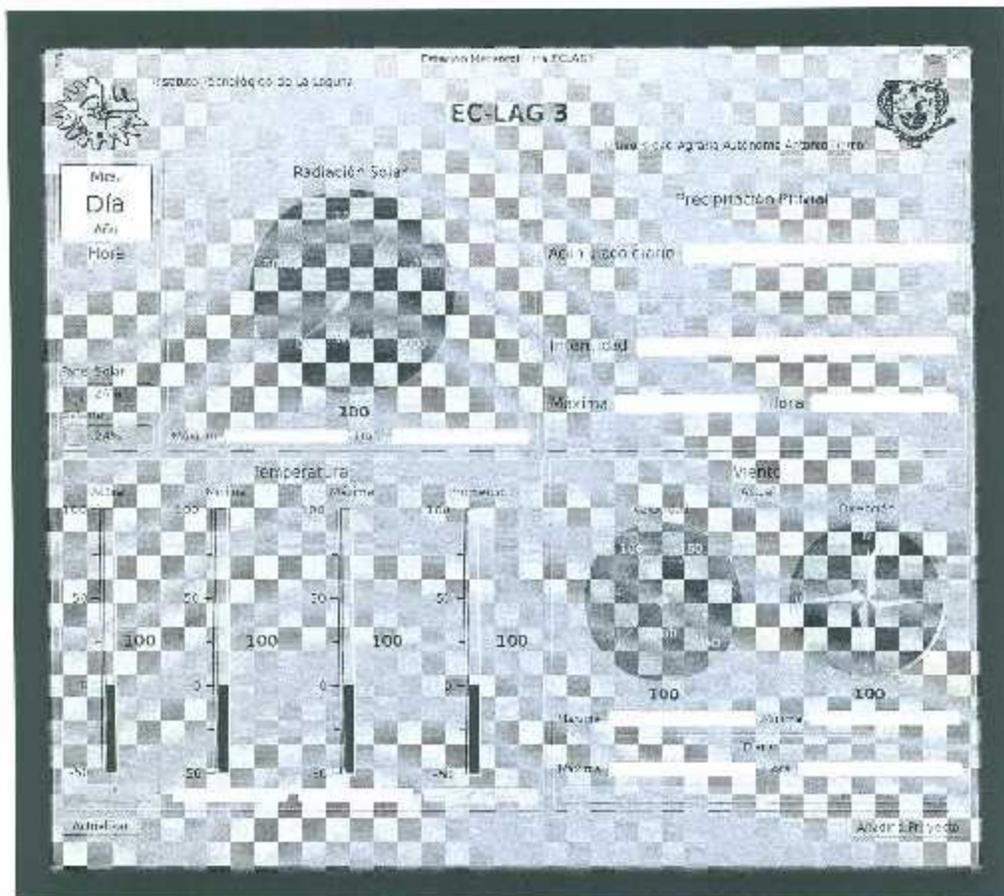


Fig 2.13 Interfaz de la estación en QGIS.



Donde podrá apreciar que esta interface ofrece las lecturas actuales con medidores y numérica, además de que también muestra la máxima y mínima lectura en cada variable, puede actualizarse en cualquier momento.

Para el viento se muestra un velocímetro que indica la lectura en el momento y una brújula que señala la dirección en azimut en la que viene el viento.

La interfaz puede correr día y noche, claro está dependiendo que la estación también transmita las 24hrs y que el ordenador que se encuentra ejecutando el *software* QGIS permanezca encendido. Cuando el ordenador está conectado a internet la base de datos se sube a un servidor en la nube (en este caso DropBox, San Francisco, California, E.U.A.) donde los usuarios autorizados e interesados tienen acceso a esta información.



2.6 Montaje

Profesores e ingenieros Agrónomos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) además de ser contribuyentes, son los interesados en el presente proyecto, pues la institución cuenta con un departamento de meteorología.

Es en los campos experimentales de esta universidad que la estación meteorológica ECLAG3 tiene su ubicación.

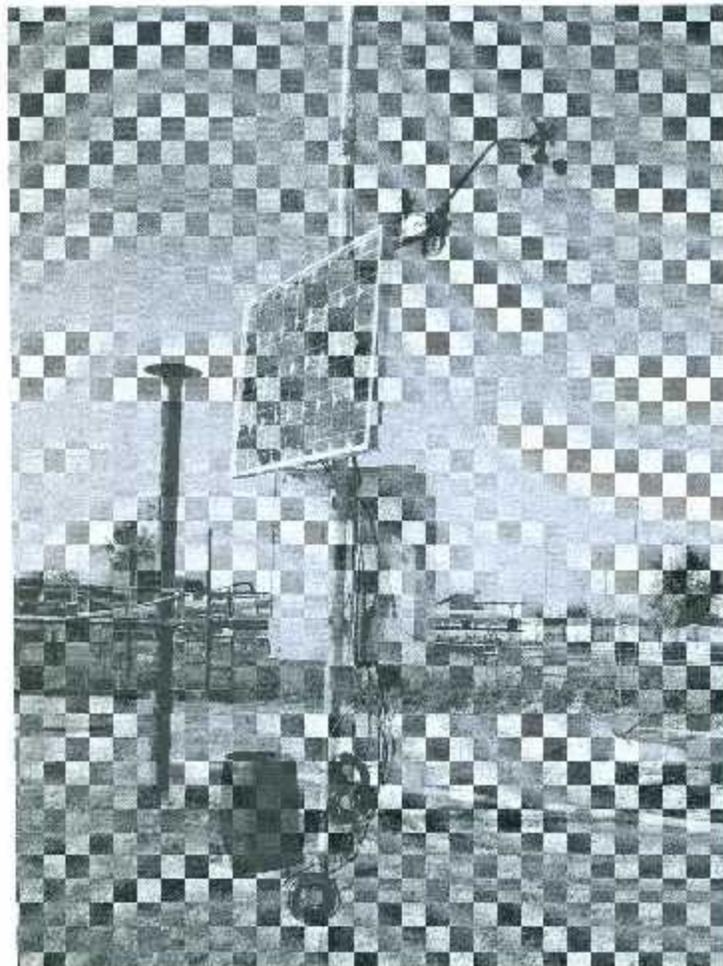


Fig 2.14 Estación Meteorológica ECLAG3.



La figura anterior (fig. 2.14) muestran la estación ya instalada en la UAAAN, se tomaron algunas consideraciones respecto a la colocación de los componentes de la estación y se enlistan enseguida:

- ❖ La ubicación del panel solar durante el invierno y estando en el hemisferio norte viendo hacia el sur y posicionado de manera vertical por indicaciones de los profesores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Posteriormente se colocara a posición de verano a 25.5° para Torreón, Coah.
- ❖ El anemómetro se orienta apuntando al Norte como referencia para la precisión en la lectura de dirección Azimut.
- ❖ El pluviómetro esta a 1m sobre la tierra.
- ❖ El termómetro debe tener una protección contra la luz del sol directa y de otras fuentes que reflejen o irradien calor.

Dentro del cajón se colocan la tarjeta, los circuitos de alimentación, la batería y su circuito de cargo, el modem y todas las terminales de los sensores protegiéndolos del ambiente.



CAPITULO III

RESULTADOS Y OBSERVACIONES

En el Anexo D se muestran algunas tablas de los archivos generados por la interfaz de QGIS de la información recibida a partir de que se instaló la estación ECLAG 3. Se hacen observaciones también en las tablas de resultados.

Debe quedar claro que en ningún momento la tarjeta y el micro controlador guardan información, solo la almacena temporalmente para inmediatamente enviarla a la computadora con la interfaz. El *software* se encarga de organizar y desplegar la información en su pantalla y de generar el historial de las variables como base de datos. Si la computadora que corre el *software* llegase a apagarse, la estación no será capaz de guardar la información por sí sola.

Para una comparación y validación de esta información obtenida por la estación ECLAG 3, se contrastaron los datos con aquellos arrojados por una de las estaciones de la red del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) ubicada en Matamoros, en la siguiente dirección puede acceder a esta estación (<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/est.aspx?est=26812>).

Al momento que observamos la información de la estación del Inifap contra el ECLAG3, notamos que existen pequeñas diferencias entre ellas. Estas diferencias son mínimas y esto se debe a la ubicación de cada estación. Al igual que las lecturas, la diferencia en altitud y distancia es poca, sin embargo en algunos casos esta podría ser considerable.



Al notar una diferencia grande y significativa en alguna de las lecturas, no es motivo de alarma. Por ejemplo con la radiación solar, que se presente una lectura alta mientras que en la otra estación está muy baja, puede tratarse de alguna nube y el ángulo de incidencia de la luz no golpee el piranómetro.

Otro ejemplo sería diferencias en la velocidad del viento o en acumulado de precipitación siendo un caso similar donde el viento o la lluvia haya iniciado en una zona antes que en la otra.

Nótese en el Capítulo II las consideraciones de la ubicación de panel solar, debe cambiarse de posición durante las temporadas del año. En el Anexo E encontrara fotografías del panel ya inclinado a la posición de verano.



CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Al momento de trabajar los sensores, resulto algo complicada de obtener la ecuación de caracterización para el termistor. Con esta ecuación se logra una mayor exactitud, ocupa espacio de procesamiento considerable. Por ello podría ser ventajoso considerar el uso de otros dispositivos de para medir la temperatura.

Otro problema a resolver surgió durante el periodo de prueba fue el de la carga de la batería. Es necesario decidir el momento en que la batería debe cargarse, el momento en el que debe suministrar el panel y el momento cuando deba ser la batería que alimente al sistema. Este problema se resolvió implementando el circuito de carga mostrado en el Capítulo II el cual utiliza relevadores a los cuales les llegan las ordenes de cambio mencionadas, desde el PIC.

Ahora, el régimen de carga utilizado para la batería no es perfecto. Llegará un momento en el que la batería consuma toda su energía como el caso de los días o temporadas nubladas en las que el panel solar no rinda lo suficiente. A partir de ahí ya no podrá cargarse nuevamente por completo. Esto no quiere decir que la batería ya no podrá cargarse nunca, si no que deberá cargarse desde una toma de corriente dejando la estación sin batería por un par de días.



Continuando con la energía, se indicó que el montaje del panel estaba vertical mirando al sur; con el cambio de horarios y de periodo climático (estaciones del año) el panel debe reubicarse a una inclinación de 25.5° . Se deja como propuesta un control remoto para reubicar el panel que sea capaz de mover e inclinar al panel desde la computadora de manera que siempre ofrezca la máxima superficie a los rayos del sol.

Actualmente la información ambiental captada por los sensores de la estación ECLAG3 quedan calibrados. Sus resultados listos para la comparación contra otros sistemas de monitoreo. Adicionalmente generan bases de datos diarias con todos los datos incluyendo máximos y mínimos. Estos datos se suben al servidor en la nube de DropBox donde solo los participantes del proyecto tienen acceso. Se está considerando la opción de que la información generada se suba de manera automática con acceso al público en general.

Se plantea justo ahora, como trabajo a futuro el uso de nodos-sensor que utilicen protocolos inalámbricos para la comunicación entre la base (siendo esta la estación) y cada sensor que cuente con un nodo. Actualmente estos nodos están siendo desarrollados y probados en campo, para generar una red inalámbrica de sensores para medir la humedad enterrada en un área dada [13] [14]. En cualquier caso la estación ECLAG 3 queda lista para integrar esta capacidad de manera que pueda leer los datos enviados desde los nodos inalámbricos.



Se ha explorado la posibilidad de que se le agreguen más sensores a la estación, que midan otras variables de interés para los agrónomos. Ejemplos de estos sensores adicionales pueden ser un contador de insectos, un sensor de presión barométrica, un sensor de humedad relativa y enterrada entre otros. Con estas capacidades adicionales puede ampliarse la gama de las variables de interés para la agricultura y ganadería.

Se deja como trabajo a futuro la obtención y cálculo de otras variables dependientes de los valores de las variables climáticas como, unidades de calor y horas frío, como el punto de rocío que se obtiene a partir de la temperatura y la humedad. Podría incluso realizar cálculos para pronósticos de clima.

Podría incluso generarse alertas que le indiquen al productor, a partir de las predicciones, posibles eventos extremos como ventiscas, oleadas de calor y heladas extremas.

Por otra parte y sin quitar el dedo del renglón, si así lo requirieran los productores agropecuarios podría desarrollarse un sistema de control con la capacidad de decidir el momento óptimo para el riego o el despliegue de sombras o mallas de protección para cuidar a los cultivos del exceso de calor o del frío. Todo ello a partir de los datos, cálculos y predicciones obtenidos con una estación meteorológica.



Todo lo propuesto anteriormente requeriría de una gran labor entre instituciones, de mucha investigación interdisciplinaria y de cuidadosos cálculos previos.

Finalmente cada una de las partes constituyentes del proyecto se encuentran en pleno funcionamiento, desde los sensores, el procesador, el panel solar, la batería y su cargador hasta la comunicación y recepción presentando todo en la interfaz.

Los resultados han sido satisfactorios para el grupo de trabajo y para los profesores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se continuara el trabajo sobre este mismo proyecto y se estará a la espera de más contribuciones y convenios de colaboración en el futuro..



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación] (1997, Diciembre 2). *La agricultura y los cambios climáticos: la función de la FAO* [Online].
Available: <http://www.fao.org/NOTICIAS/1997/971201-s.htm>
- [2] Matías L. Marote, "Agricultura de Precisión", presentado en Congreso de Ingeniería Sustentable y Ecología Urbana (ISEU) de la Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina, Octubre 13-15, 2010.
- [3] FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación] (2012). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación* [Online]. Available : <http://www.fao.org/docrep/017/i3028s/i3028s.pdf>
- [4] Overseas Development Administration, "The Controlled Environment System", in *Microclimatology in Tropical Agriculture*, vol. I Introduction, Methods and Principles, Nottingham, Inglaterra, 1987, pp. 11-19.
- [5] J. Seeman, Y. I. Chirkov, J. Lomas, B. Primault, *Agrometeorology*, Alemania. Eds. Springer-Verlag, , 1979 .
- [6] Edmundo Torres Ruiz, *Prácticas de Agrometeorología*, México, D.F., Eds. Trillas, 2007.
- [7] G. Medina, José Grageda, José A. Ruiz, Alma D. Baez. "Uso de Estaciones Meteorológicas en la Agricultura", Inifap (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) Aguascalientes, México, Mayo 2008.



- [8] Inifap (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), "Unidades de calor" [Online].
Available:<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/aplicaciones/ucalor.aspx>
- [9] Antonio Creus, "Medida de Temperatura", en *Instrumentación Industrial*, 6ta edición. México, Eds. Alfaomega, 1998, pp. 223 - 277.
- [10] Antonio Moreno Jiménez , " Los sistemas de información geográfica. Una breve presentación," en *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica: Manual de auto aprendizaje con ArcGIS* , 2^{da} Edición, México, Eds. Alfaomega 2008, pp. 3-16.
- [11] Ernest E. Doebelin, "Medición de Temperatura y flujo de calor", en *Sistemas de Medición e Instrumentación: Diseño y Aplicación*, 5^{ta} edición. México D.F. Eds. McGraw Hill, 2005, pp. 644 - 648.
- [12] John G. Proakis, Dimitri G. Manolakis , "Análisis frecuencial de señales y sistemas", en *Tratamiento digital de señales: Principios, algoritmos y aplicaciones*, 3era edición. Madrid, España, 1998. Eds. Prentice Hall, pp 337 - 343.
- [13] Víctor D. Velasco Martínez, "Diseño de Nodos y una Red Inalámbrica de Sensores para Mediciones Agropecuaria ", Tesis M.C., División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón Coah., 2009.
- [14] María de J. Flores Medina, "Implementación de una Red Inalámbrica de Sensores en Aplicaciones Agropecuarias", Tesis M.C., División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón Coah., 2011.



- [15] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, *La Radiación Solar* (Online). Available:
http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf
- [16] Vladan R. Minic, Predrag I. Lugonja, Vladimir S. "Crnojevic, "A complete system for remote collection of meteorological data", presentado en la 19th Telecommunications forum (TELFOR) 2011, Serbia. Belgrade Noviembre 22-24 2011.



ANEXO A

Hojas de Datos

Solar Radiation Sensor



6450

Vantage Pro2™ Accessories

The Solar Radiation Sensor, or solar pyranometer, measures global radiation, the sum at the point of measurement of both the direct and diffuse components of solar irradiance. The sensor's transducer, which converts incident radiation to electrical current, is a silicon photodiode with wide spectral response. From the sensor's output voltage, the console calculates and displays solar irradiance. It also integrates the irradiance values and displays total incident energy over a set period of time.

The outer shell shields the sensor body from thermal radiation and provides an airflow path for convection cooling of the body, minimizing heating of the sensor interior. It includes a cutoff ring for cosine response, a level indicator, and fins to aid in aligning the sensor with the sun's rays. The space between the shield and the body also provides a run-off path for water, greatly reducing the possibility of rain- or irrigation-water entrapment. The diffuser is welded to the body for a weather-tight seal; it provides an excellent cosine response. The transducer is an hermetically sealed silicon photodiode; the included amplifier converts the transducer current into 0 to -2.5 VDC. Spring-loaded mounting screws, in conjunction with the level indicator, enable rapid and accurate leveling of the sensor. Each sensor is calibrated against a secondary standard which is calibrated periodically against an Eppley Precision Spectral Pyranometer in natural daylight.

The Solar Radiation Sensor is included with the Vantage Pro2 Plus and is optional on the Vantage Pro2.

Please refer to the WeatherLink® for Vantage Pro® and Vantage Pro2™ specification sheet for optional data logging and charting capabilities available for this product.

General

Operating Temperature	-40° to +150° F (-40° to +65° C)
Storage Temperature	-50° to +150° F (-50° to +70° C)
Transducer	Silicon photodiode
Spectral Response (10% points)	400 to 1100 nanometers
Cosine Response	
Percent of Reading	±3% (0° to ±75° incident angle); ±10% (±70° to ±85° incident angle)
Percent of Full Scale	±2% (0° to ±90°)
Supplied Cable Length	2' (0.6 m)
Cable Type	4-conductor, 28 AWG
Connector	Modular RJ-11
I/O Specifications	
Green wire	Output (0 to +3VDC); 1.57 mV per W/m ²
Red & Black Wires	Ground
Yellow wire	±3 VDC ±10% 1mA (typical)
Temperature Coefficient	±0.157% per °F (+0.12% per °C)
Reference Temperature	77°F (25°C)
Correction per degree above reference temp	-0.067% of reading per °F (-0.11% per °C)
Correction per degree below reference temp	+0.067% of reading per °F (+0.12% per °C)
Housing Material	UV-resistant PVC plastic
Dimensions (Length x Width x Height)	2.00" x 2.75" x 2.25" (51 mm x 70 mm x 57 mm)
Weight	0.5 lbs. (226 g)

040480 (Rev. F, 12/16/10)

1



Anemometer

6410



Vantage Pro2™ Accessories

The Anemometer includes both wind speed and wind direction sensors. Rugged components stand up to hurricane force winds, yet are sensitive to a light breeze. Includes sealed bearings for long life. The range and accuracy specifications of this unit have been verified in wind-tunnel tests (information available upon request). A Davis Anemometer reported wind speeds of 175 miles per hour before its tower collapsed during hurricane Andrew, 1992. Digital filtering, with time constant as specified below, is applied to wind direction measurements. In areas where icing of the anemometer is a problem, the included Anemometer Drip Rings deflect water from the joint between moving parts.

General

Sensor Type	
Wind Speed	Wind cups and magnetic switch
Wind Direction	Wind vane and potentiometer
Attached Cable Length	40' (12 m)
Cable Type	4-conductor, 25 AWG
Connector	Modular connector (RJ-11)
Maximum Cable Length	240' (73 m)
Material	
Wind Vane and Control Head	UV-resistant ABS
Wind Cups	Polycarbonate
Anemometer Arm	Black-anodized aluminum
Dimensions (length x width x height)	13.0" x 1.0" x 9.0" (331 mm x 25 mm x 229 mm)
Weight	1.06, 4 oz. (1.332 kg)

Sensor Output

Wind Direction

Display Resolution	16 points (22.5°) on compass rose, 1" in numeric display
Accuracy	±4°
Update Interval	2.5 to 3 seconds (depending on transmitter ID)

Wind Speed

Resolution and Units	Measured in 1 mph. Other units are converted from mph and rounded to nearest 1 km/h, 0.1 m/s, or 1 knot.
Range (large wind cups, included)	2 to 150 mph, 2 to 130 knots, 1 to 67 m/s, 3 to 241 km/h
Range (small wind cups; optional, not included)	3 to 175 mph, 3 to 150 knots, 1.5 to 79 m/s, 5 to 282 km/h
Update Interval	Instant Reading: 2.5 seconds, 10-minute Average: 1 minute
Accuracy (large wind cups, included)	±2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or ±5%, whichever is greater
Accuracy (small wind cups; optional, not included)	±3 mph (3 kts, 5 km/h, 1.5 m/s) or ±5%, whichever is greater
Maximum Cable Length	240' (73 m). Maximum wind speed reading decreases as length of cable from Anemometer to ISS increases. At 140' (11 m), maximum speed is 135 mph (60 m/s). At 240', the maximum is 100 mph.

Package Dimensions

Product #	Package Dimensions (Length x width x height)	Package Weight	UPC Codes
6410	17.75" x 10.50" x 13.00" (451 mm x 267 mm x 330 mm)	2.0 lbs. (.9 kg)	011596 00237 5



WWW.EKOPOWER.COM



LOW COST ANEMOMETER type 6410-E

The EKOPOWER Anemometer 6410-E can be used in combination with our (BOX or EKO21N as low cost windlogger or for OEM applications. Not intended for accurate wind measurements for wind energy applications, in that case use our accurate and reliable MAX40+ anemometer. The 6410-E includes both wind speed and wind direction sensors. Rugged components stand up to hurricane-force winds, yet are sensitive to a light breeze. Includes sealed bearings for long life. The range and accuracy specifications of this unit have been verified in wind-tunnel tests (information available upon request). In areas where icing of the anemometer is a problem, the included Anemometer Drip Rings deflect water from the joint between moving parts.

General

Sensor Type	
Wind Speed	Wind cups and magnetic switch
Wind Direction	Wind vane and potentiometer
Attached Cable Length	12 m
Cable Type	4-conductor, 26 AWG
Connector	Modular connector (RJ-11) (or wire connection)
Maximum Cable Length	73 m
Material	
Wind Vane and Central Head	UV-resistant ABS
Wind Cups	Polycarbonate
Anemometer Arm	Black-anodized aluminum
Mounting	Via stainless steel U-bolt for mast up to 40 mm
Dimensions (length x width x height)	381 mm x 38 mm x 457 mm
Weight	1.3 kg

Sensor Output

Wind Direction

Signal	via potentiometer approx 25 x 2cm (power=yellow, wiper=green, red=ground)
Accuracy	±4°

Wind Speed

Signal	via Reed switch, calibration: approx 0.98 Hz per m/s (take care for decoupling (resistor) stick between red and black)
Range (large wind cups, included)	2 to 150 mph, 2 to 120 knots, 1 to 67 m/s, 3 to 241 km/h
Accuracy (large wind cups, included)	±1 m/s or ±5%, whichever is greater
Maximum Cable Length	73 m

Package Dimensions

Product #	Package Dimensions (Length x Width x Height)	Package Weight	UPC Code#
6410-E	(381 mm x 257 mm x 76 mm)	(0.9 kg)	314595 00237 5



DAVIS



RAIN COLLECTOR II

STANDARD AND INDUSTRIAL INSTALLATION MANUAL

This instruction manual takes you step-by-step through the procedures required to install the Rain Collector II. The Rain Collector II is designed for use with any of Davis' weather stations (with the exception of the Perception II[®] Station). Each station can display rainfall in either inches or millimeters. For greatest accuracy, however, use a rain collector which measures in the same unit in which you wish to display rainfall.

Instructions for displaying rainfall on the Weather Wizard II-S[®], Weather Wizard III[®], and Weather Monitor II[®] are also included in this manual. Instructions for displaying rainfall on the CroWeather[™], Health EnviroMonitor[™], and Energy EnviroMonitor[™] are contained in the station's user's manual.

COMPONENTS

The Rain Collector II includes the following components. Please make sure you have all listed components before continuing.

- **Rain Collector with Cable**
The rain collector comes with the cone attached to the base. The standard version of the rain collector comes with a 40' (12 m) cable. The industrial version comes with a 16' (5 m) cable.
- **Four #8 x 3/4" Screws**
- **Debris Screen**
This screen is placed into the rain collector cone to help prevent debris from clogging the funnel hole.



Módulo Fotovoltaico Monocristalino

EPCOM

WKS012

Celdas de alta calidad encapsuladas en EVA transparente y vidrio templado de 4mm. La parte posterior del módulo está protegida con una hoja de TEFLAR resistente a los rayos UV. Los laminados están montados en un marco de aluminio anodizado, asegurando una máxima protección.

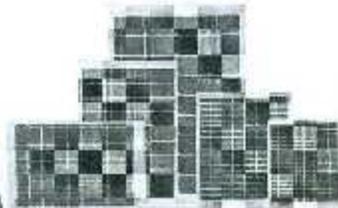
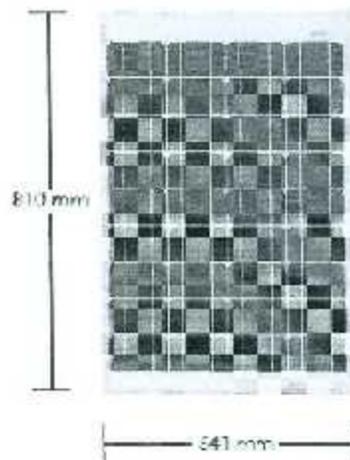
APLICACIONES

- Estaciones Repetidoras de Radio comunicación y telefonía en zonas rurales.
- Sistemas de comunicación en emergencias.
- Alimentación de equipos médicos en zonas rurales.
- Sistemas de bombeo de agua.
- Luces de obstrucción para tráfico aéreo.
- Sistemas de protección catódica.
- Señalización de vías ferroviarias.

CAPACIDAD

4 años de garantía contra defectos de fabricación y 20 años de vida útil.

ESPECIFICACIONES



Potencia máxima:	50 Watts
Voltaje:	18 V
Ampereaje:	2.78 A
Voltaje a circuito abierto (Voc):	21.4 V
Corriente a corto circuito (Isc):	3.05 A
Dimensiones:	810 x 541 x 35 mm
Peso:	6.5 Kg.
Temperatura ambiente:	-40 a 90 °C
Máximo voltaje del sistema:	600 V

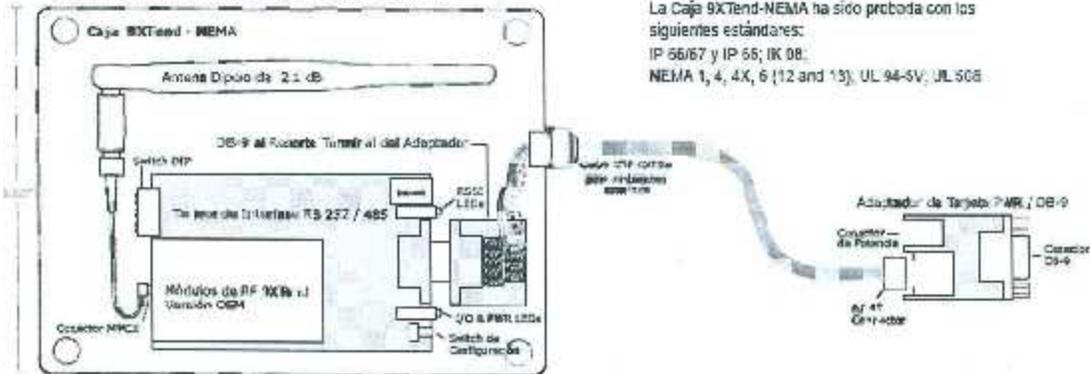
Nota: Las especificaciones eléctricas se refieren bajo una irradiación de 1000W/m² y temperatura de 25°C.



Módem RF 900 MHz tipo 9XTend-NEMA™

Especificaciones		
Requisitos	Potencia de Salida en Transmisión (potencia configurable)	1 mW - 1 W (0 - 30 dBm)
	Alcance en ambientes interiores / exteriores (consumo de energía de 2.1 dB)	hasta 2000' (600m)
	Módulo de Línea de Unión para ambientes exteriores (por separado)	hasta 11 cables (22 km)
	Módulo de RF en el área de trabajo para ambientes interiores (por separado de este generador)	hasta 40 cables (64 km)
	Reglas de flujo de la interfaz (software configurable)	RS-232, RS485, RS-422
	velocidad del Flujo de Transferencia de Datos (potencia configurable)	3,600 or 115,200 bps
	Frecuencia RF de datos	900 MHz (RF Energy Inyectada al Recibo y Transmisión de Datos) 121.66 km (81.136 km)
Sensibilidad del Recibir	-110 dBm (para el canal de recepción) y sensibilidad de datos: -100 dBm (para 115,200 bps)	
Trabajo en Red y Seguridad	Frecuencia	900 MHz
	Espectro de Frecuencia	FSS (espectro de Frecuencia) mediante saltos de Frecuencia
	Topología de red disponible en la Red	Punto a Punto (no hay dependencias de Red), Punto a Punto, Punto a Múltiples, Puntos múltiples
	Network Protocol Layers	Hopping Channel, VID (Vendor Identification Number), Destination Address
	Encriptación	Encriptación AES 128-bit - Algoritmo AES está certificado con norma FIPS-197
Antena	Conector	MMCX
	Impedancia	50 ohms no balanceada
Certificaciones (esta parte)	FCC Parte 15.247	OUR-9XTEND
	Industrial de Canadá (IC)	4214A-9XTEND
Requerimientos de Potencia	Voltaje de la Fuente de Poder	7 - 28 V
	Corriente de Frecuencia	110 mA
	Pin Power-Down en modo "standby"	15 mA
	Puerto Serie - Power-Down en modo "standby"	45 mA
	Consumo de Interfaz de Datos (Inactivo) (para modo "standby")	19 - 39 mA
	Consumo de Transmisión (TX) - TX Power de Salida	110 - 300 mA
Especificaciones Físicas	Tamaño	5.125" x 7.125" x 1.200" (130.2mm x 181.13mm x 30.5mm)
	Peso	10.1 oz (284.7 g)
	Conexión de Datos	DB-9 / RJ45 / RS-485
	Temperatura de Operación	-40 a 65°C (Industrial)

Vista Interior del Módem RF 9XTend - NEMA



MaxStream INC.
353 South 520 West, 180
Londen, UT 84942
© 2005 MaxStream, Inc.

Para lograr lo mejor en Soluciones Inalámbricas de Datos y Soporte Técnico, sírvase contactar con MaxStream, Inc. Se habla Español

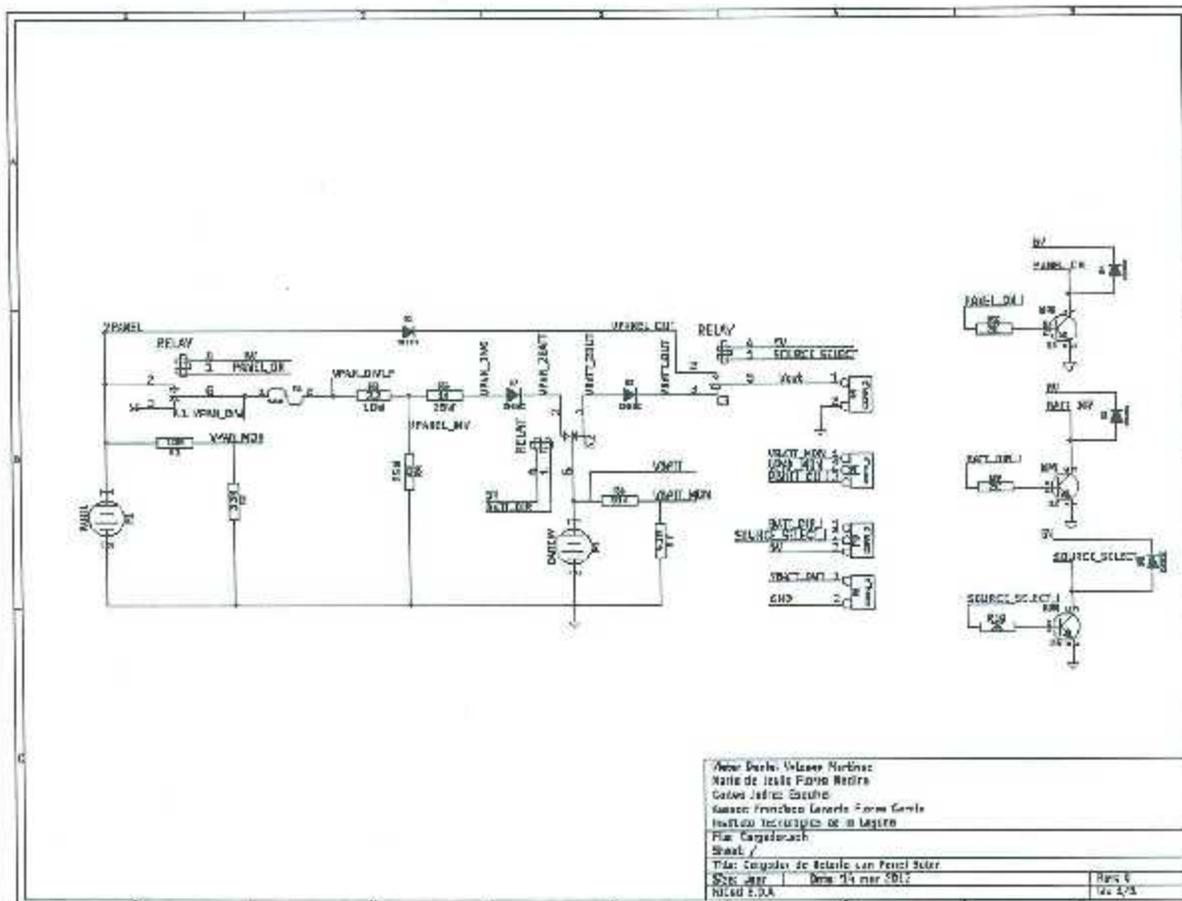
teléfono: (866) 765-9885 (Para llamadas gratis dentro de U.S.A. & Canadá)
(801) 765-9885 (Para llamadas desde cualquier parte del mundo)
fax: (801) 765-9895
web: www.maxstreaminc.net (Escriba en español para Chat en vivo así como muchos otros servicios para brindarle el mejor servicio)



ANEXO B

Diagramas Esquemáticos y Diseño de Circuitos Impresos

Diagrama Esquemático Cargador





Circuito Impreso Cargador

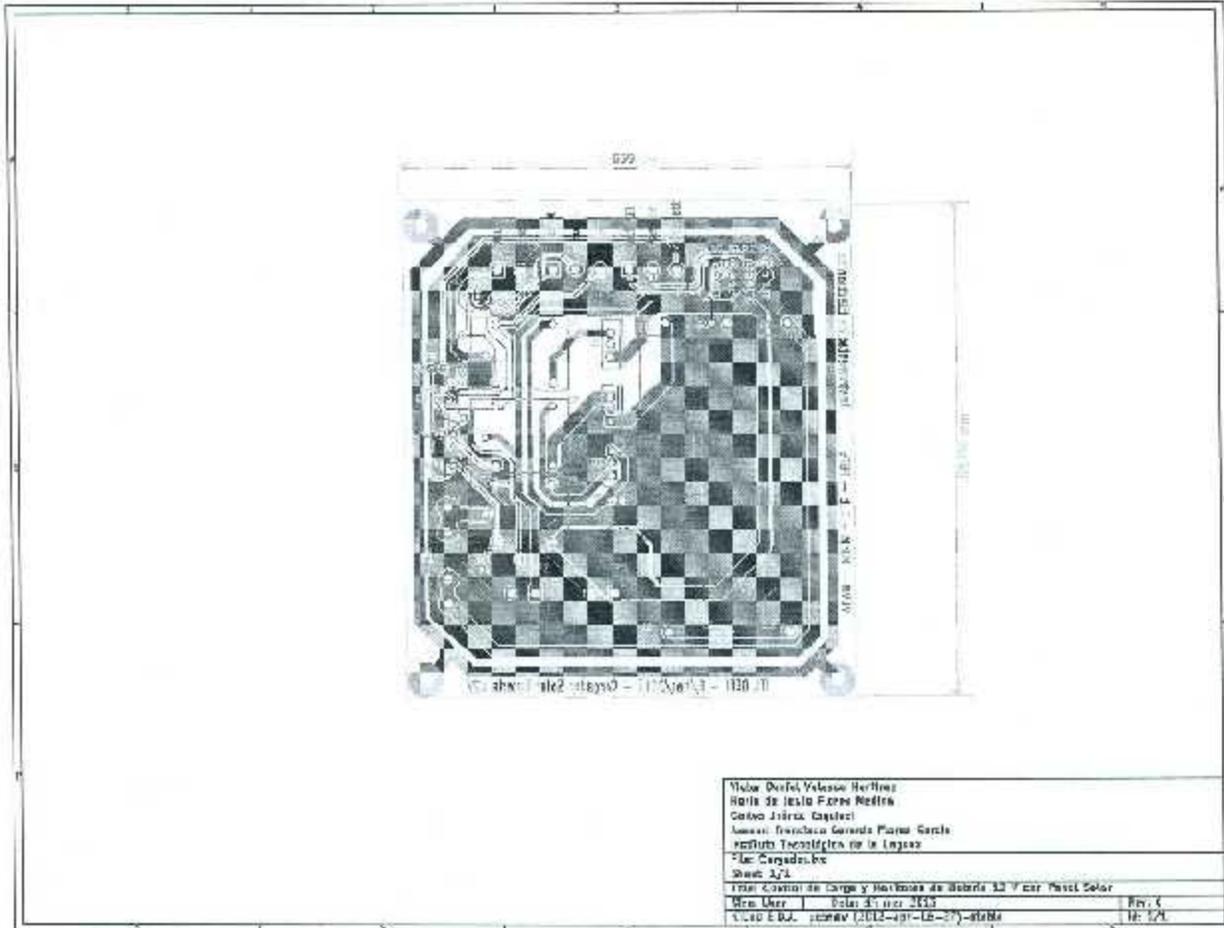
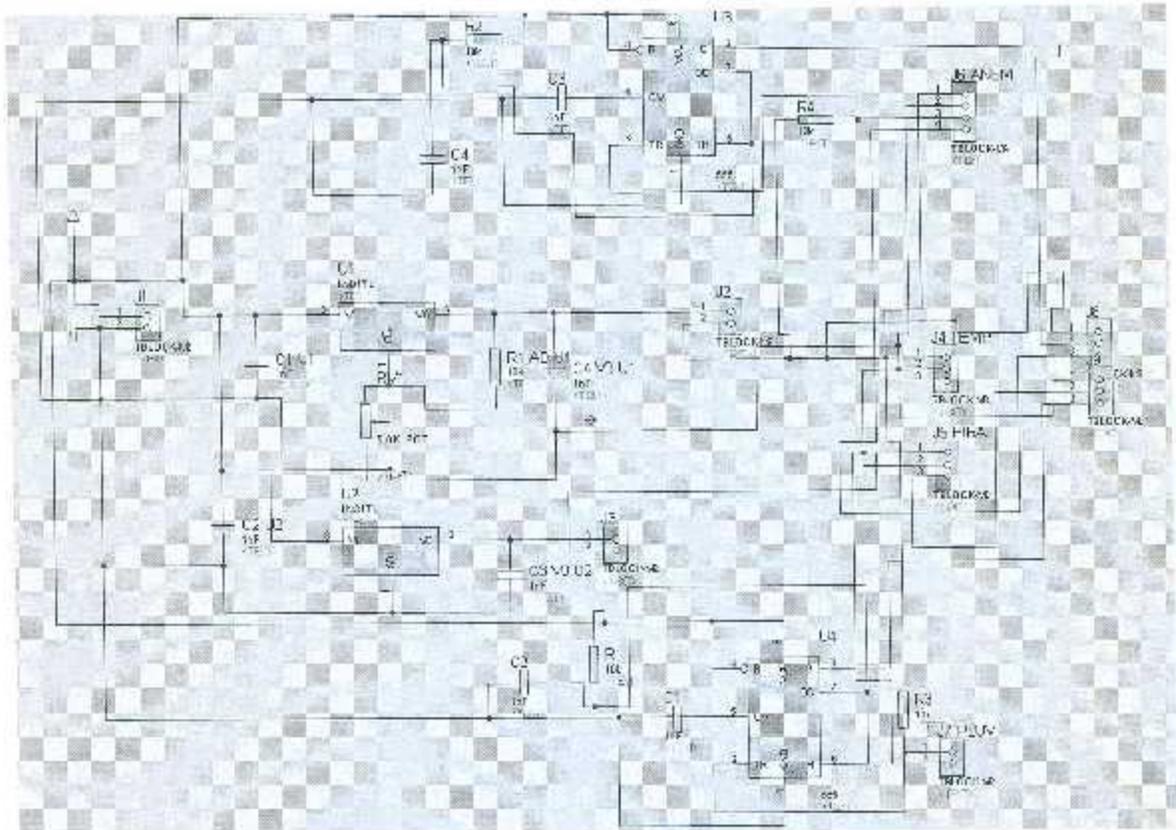




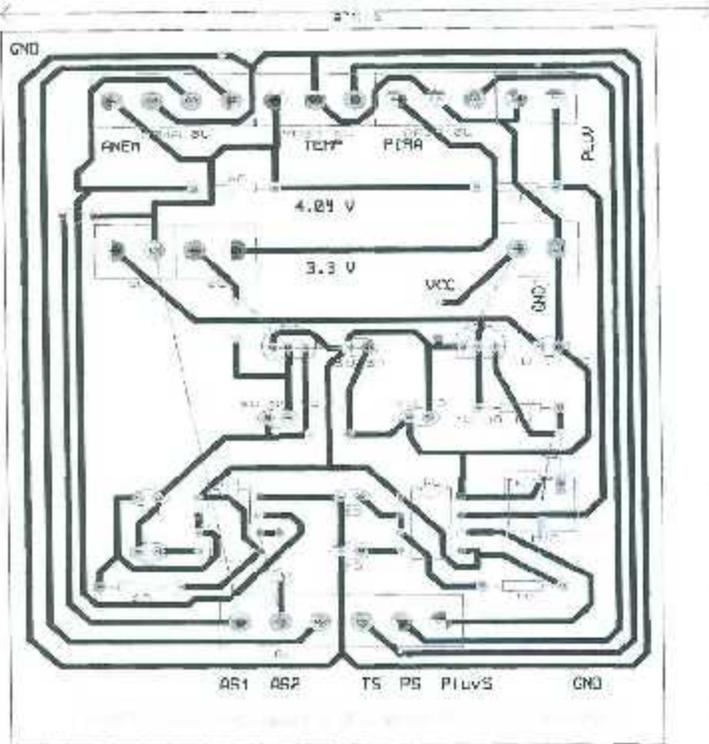
Diagrama Esquemático Circuito de Alimentación de sensores

* **Nota:** Los siguientes diagramas y circuitos no presentan hoja de datos pues fueron trabajados en diferente *software*, los primeros fueron diseñados en KiCAD mientras que estos siguientes se diseñaron en ISIS y ARES PROTEUS.

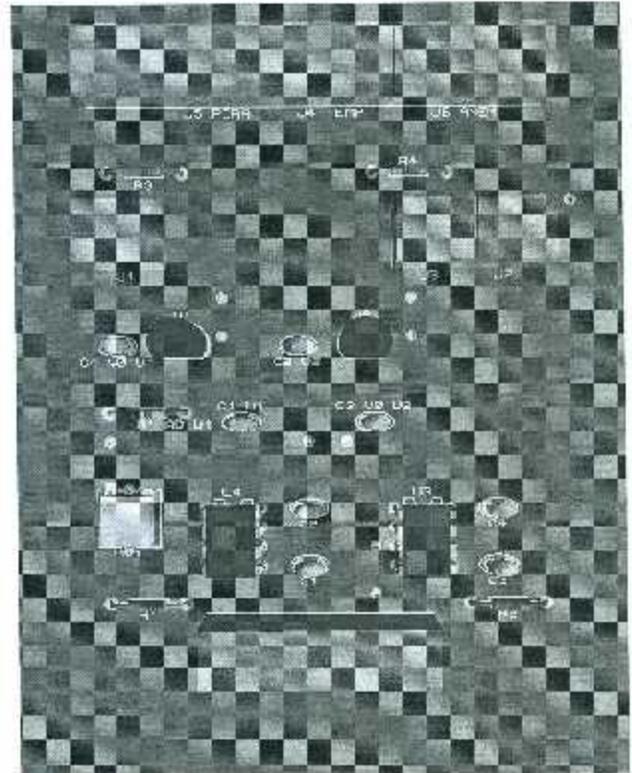




Circuito Impreso Alimentación de sensores



Vista previa al impreso y vista tridimensional.





ANEXO C

Resolución al sistema de 3 ecuaciones para los coeficientes de la formula de Steinhart-Hart.

$$\text{Steinhart-Hart } \frac{1}{r} = a + b \ln R + c \ln^3 R$$

Sistema 3 ecuaciones

1. $1/233 = a + b \ln(328400) + c \ln^3(328400)$
2. $1/283 = a + b \ln(19860) + c \ln^3(19860)$
3. $1/333 = a + b \ln(2490) + c \ln^3(2490)$
1. $a + 12.70198766 b + 2049.344918 c = .00429184$
2. $a + 9.896462 b + 478.2187375 c = .003533569$
3. $a + 7.820037987 b + 478.2187375 c = .003003003$

Resta 1 y 2

$$a + 12.70198766 b + 2049.344918 c = .00429184$$

$$-[a + 9.896462 b + 478.2187375 c = .003533569]$$

$$4. \quad 2.80552472 b + 1080.08555 c = .00075828$$

despejar b de 4

$$b = \frac{.00075828 - 1080.08555 c}{2.80552472}$$

$$5. \quad b = .00027028 - 384.985219 c$$

Resta 1 y 3

$$a + 12.70198766 b + 2049.344918 c = .00429184$$

$$-[a + 7.820037987 b + 478.2187375 c = .003003003]$$



$$6. \quad 4.88194967 b + 1571.12618 c = .00128884$$

despejar b de 6

$$b = \frac{.00128884 - 1571.1218 c}{4.88194967}$$

$$7. \quad b = .000264 - 321.8235106 c$$

igualando b de 5 y 7

$$.00027028 - 384.985219 c = .000264 - 321.8235106 c$$

despejar c

$$6.27818 \times 10^{-6} - 63161.7086 c = 0$$

$$c = \frac{-6.27818 \times 10^{-6}}{-63.1617086}$$

$$8. \quad c = 9.93985 \times 10^{-8}$$

sustituir c en 6

$$4.88194967 b + 1571.12618 \times 9.93985 \times 10^{-8} = .00128884$$

$$4.88194967 b + .00015617 = .000128884$$

$$b = \frac{.000128884 - .00015617}{4.88194967}$$

$$b = .000232013$$

sustituir b y c en 1

$$a + (12.70198766 \times .000232013) + 2049.344918 (9.93985 \times 10^{-8}) = .00429184$$

$$a = .00114112a$$



ANEXO D

Capítulo III Resultados y Observaciones

Tablas de Resultados de la estación ECLAG3 y Observaciones

Fecha	Hora	Dir Viento (Az)	Vel Viento (m/s)	Rad Solar (W/m ²)	Rad Solar Max (W/m ²)	Int Prec (mm/min)	Prec Diaria (mm)	Temp (°C)	Temp Max(°C)	Temp Prom(°C)	Temp Min(°C)
23/12/2012	23:59	242.1	1	1.1	955.6	0	0	15	28	6298.6	6299.6
24/12/2012	00:14	242.2	1	1.7	1.7	0	0	14	15	6298.6	6318.6
24/12/2012	00:29	242.4	1	1.7	1.7	0	0	15	15	6298.6	6300.6
24/12/2012	00:44	242.4	1	1.7	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	00:59	242.4	1	1.7	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	01:14	0.2	1	1.1	1.7	0	0	14	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	01:29	318.4	1	1.7	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	01:44	317.5	1	1.7	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	01:59	317.7	1	1.1	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	02:14	317.7	1	1.1	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	02:29	317.7	1	1.1	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	02:44	317.5	1	1.1	1.7	0	0	15	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	02:59	317.1	1	1.7	1.7	0	0	13	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	03:14	317.3	1	1.7	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	03:29	317.4	1	1.1	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	03:44	317.8	1	1.1	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	03:59	317.4	1	0.5	1.7	0	0	11	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	04:14	317.1	1	1.1	1.7	0	0	11	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	04:29	317.1	1	1.7	1.7	0	0	11	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	04:44	317.4	1	1.1	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	04:59	317.1	1	1.1	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	05:14	317.5	1	1.1	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	05:29	317.2	1	1.7	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	05:44	317.2	1	1.7	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	05:59	317.8	1	1.1	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	06:14	317.5	1	1.1	1.7	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	06:29	317.3	1	1.7	1.7	0	0	11	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	06:44	317.4	1	1.1	1.7	0	0	11	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	06:59	317.5	1	1.1	1.7	0	0	11	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	07:14	317.3	1	1.1	1.7	0	0	11	15	6298.6	6299.6



24/12/2012	07:29	317.3	1	4.1	4.1	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	07:44	317.3	1	10.1	7.1	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	07:59	317.2	1	28.7	17.9	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	08:14	127.9	1	57.4	38.9	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	08:29	127.6	1	64	43.1	0	0	12	15	6298.6	6299.6
24/12/2012	08:44	127.8	1	244.3	210.7	0	0	14	15	6298.6	6548.6
24/12/2012	08:59	128	1	282.6	244.3	0	0	16	16	6298.6	14
24/12/2012	09:14	123.9	2	383.8	329.3	0	0	18	18	6298.6	17
24/12/2012	09:29	170.2	2	445.5	382.6	0	0	19	19	6298.6	18
24/12/2012	09:44	123.4	2	458.6	394.6	0	0	20	20	6298.6	19
24/12/2012	09:59	145.4	2	510.1	438.3	0	0	21	21	6298.6	20
24/12/2012	10:14	119.8	1	519.1	445.5	0	0	21	21	6298.6	20
24/12/2012	10:29	139.5	2	570	488	0	0	22	22	6298.6	21
24/12/2012	10:44	143.1	2	570.6	488.6	0	0	23	23	6298.6	22
24/12/2012	10:59	110.5	2	624.5	531.7	0	0	22	23	6298.6	22
24/12/2012	11:29	83.6	1	564.6	565.2	0	0	24	24	6298.6	23
24/12/2012	11:44	136.6	2	685.6	579	0	0	25	25	6298.6	24
24/12/2012	11:59	166.5	2	703.5	610.7	0	0	25	25	6298.6	24
24/12/2012	12:14	162.3	2	1053.2	610.7	0	0	26	26	6298.6	25
24/12/2012	12:29	158.5	1	1072.4	611.3	0	0	26	26	6298.6	25
24/12/2012	12:44	139.8	2	1072.4	611.3	0	0	26	26	6298.6	25
24/12/2012	12:59	144.7	2	1062.2	921.5	0	0	26	26	6298.6	25
24/12/2012	13:14	177.7	2	1070.6	921.5	0	0	27	27	6298.6	26
24/12/2012	13:29	73	2	1053.2	921.5	0	0	27	27	6298.6	26
24/12/2012	13:44	157.4	2	995.8	921.5	0	0	28	29	6298.6	28
24/12/2012	13:59	137.7	1	988.6	921.5	0	0	29	29	6298.6	28
24/12/2012	14:14	160.2	3	995.8	921.5	0	0	28	29	6298.6	28
24/12/2012	14:29	163	2	610.7	921.5	0	0	28	29	6298.6	28
24/12/2012	14:44	175.7	1	534.1	921.5	0	0	30	30	6298.6	29
24/12/2012	14:59	360	2	535.3	921.5	0	0	29	30	6298.6	28
24/12/2012	15:14	275.3	2	476	921.5	0	0	29	30	6298.6	28
24/12/2012	15:29	295.2	2	492.8	921.5	0	0	29	30	6298.6	28
24/12/2012	15:44	348.7	3	304.1	921.5	0	0	27	30	6298.6	27
24/12/2012	15:59	342.9	4	300.5	921.5	0	0	28	30	6298.6	27
24/12/2012	16:14	357.1	2	151.4	921.5	0	0	26	30	6298.6	26
24/12/2012	16:29	312.1	2	150.2	921.5	0	0	26	30	6298.6	26
24/12/2012	16:44	354.3	3	148.5	921.5	0	0	26	30	6298.6	27
24/12/2012	16:59	217.4	1	152	921.5	0	0	27	30	6298.6	27



24/12/2012	17:14	224.9	1	90.4	921.5	0	0	27	30	6298.6	27
24/12/2012	17:29	241.2	2	35.3	921.5	0	0	27	30	6298.6	6319.6
24/12/2012	17:44	213.6	1	22.7	921.5	0	0	26	30	6298.6	6300.6
24/12/2012	17:59	212.9	2	5.9	921.5	0	0	25	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	18:14	219.9	1	1.7	921.5	0	0	25	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	18:29	219.6	1	1.7	921.5	0	0	24	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	18:44	219.6	1	1.7	921.5	0	0	22	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	18:59	219.6	1	1.1	921.5	0	0	23	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	19:14	219.6	1	1.1	921.5	0	0	21	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	19:29	219.4	1	1.7	921.5	0	0	20	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	19:44	219.6	1	1.7	921.5	0	0	19	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	19:59	219.3	1	1.1	921.5	0	0	19	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	20:14	219.4	1	1.7	921.5	0	0	19	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	20:29	219.4	1	1.1	921.5	0	0	19	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	20:44	228.1	1	1.1	921.5	0	0	22	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	20:59	237.5	2	1.1	921.5	0	0	24	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	21:14	266.9	3	1.7	921.5	0	0	25	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	21:29	259.5	4	1.7	921.5	0	0	25	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	21:44	239	3	1.7	921.5	0	0	25	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	21:59	258.4	3	1.7	921.5	0	0	24	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	22:14	217.2	5	1.1	921.5	0	0	25	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	22:29	220	2	1.1	921.5	0	0	24	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	22:44	211.6	1	1.7	921.5	0	0	24	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	22:59	260	3	1.1	921.5	0	0	24	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	23:14	222.7	4	1.1	921.5	0	0	24	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	23:29	234.8	2	1.7	921.5	0	0	23	30	6298.6	6299.6
24/12/2012	23:44	213	2	1.7	921.5	0	0	23	30	6298.6	6299.6

Esta tabla del día 24 de Diciembre del 2012 muestra una temperatura promedio de dimensiones excesivas, ese problema se debió a un error en la programación del promediador. Posteriormente se continua el trabajo en corregir el error y se cambia la forma de medir la temperatura pues aun no se calculaba la ecuación de Steinhart-Hart. Debe notarse que la batería funcionaba adecuadamente durante las 24 hrs.



Fecha	Hora	Dir Viento (Az)	Vel Viento (m/s)	Rad Solar (W/m ²)	Rad Sclar Max (W/m ²)	Int Prec (mm/min)	Prec Diaria (mm)	Temp (°C)	Temp Max(°C)	Temp Prom(°C)	Temp min(°C)
30/12/2012	09:44	56.1	0	176.6	257.4	0	0	12	15	6298.6	6317.6
30/12/2012	09:59	55.7	0	212.5	257.4	0	0	13	15	6298.6	6300.6
30/12/2012	10:14	56.1	0	213.1	257.4	0	0	13	15	6298.6	6299.6
30/12/2012	10:29	56.1	0	258.6	257.4	0	0	13	15	6298.6	6299.6
30/12/2012	10:44	93.4	0	246.7	257.4	0	0	14	15	6298.6	6299.6
30/12/2012	10:59	93.6	0	573.6	485.6	0	0	15	15	6298.6	6549.6
30/12/2012	11:14	8.4	1	259.2	485.6	0	0	15	27	6298.6	24
30/12/2012	11:29	85.3	1	350.3	485.6	0	0	15	28	6298.6	27
30/12/2012	11:44	95.4	1	315.5	485.6	0	0	16	54	6298.6	52
30/12/2012	11:59	109.3	1	310.1	485.6	0	0	16	54	6298.6	6321.6
30/12/2012	12:14	108.5	1	264.6	485.6	0	0	16	54	6298.6	6300.6
30/12/2012	12:29	107.9	1	288	485.6	0	0	17	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	12:44	147.9	1	390.4	485.6	0	0	17	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	12:59	121	1	386.2	485.6	0	0	18	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	13:14	121.9	1	353.2	485.6	0	0	17	54	6298.6	0
30/12/2012	13:29	128.5	1	349.1	485.6	0	0	17	54	6298.6	49
30/12/2012	13:44	141.1	1	279.6	485.6	0	0	17	54	6298.6	19
30/12/2012	13:59	91.9	2	220.9	485.6	0	0	17	54	6298.6	6319.6
30/12/2012	14:14	128.2	1	182	485.6	0	0	16	54	6298.6	6300.6
30/12/2012	14:29	128.3	1	162.2	485.6	0	0	17	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	14:44	128.5	1	126.3	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	14:59	128.6	1	134.1	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	15:14	128.7	1	119.1	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	15:29	128.7	1	136.5	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	15:44	128.6	1	145.5	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	15:59	128.7	1	205.9	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	16:29	128.7	1	102.9	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	16:44	128.7	1	131.1	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	16:59	128.5	1	86.2	485.6	0	0	16	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	17:14	128.7	1	123.9	485.6	0	0	15	54	6298.6	22
30/12/2012	17:29	128.5	1	75.4	485.6	0	0	15	54	6298.6	6319.6
30/12/2012	17:44	128.5	1	16.1	485.6	0	0	14	54	6298.6	6300.6
30/12/2012	17:59	128.7	1	2.3	485.6	0	0	13	54	6298.6	6299.6



30/12/2012	18:14	128.5	1	1.1	485.6	0	0	12	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	18:29	128.7	1	1.7	485.6	0	0	12	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	18:44	128.2	1	1.7	485.6	0	0	12	54	6298.6	6299.5
30/12/2012	18:59	128.7	1	1.1	485.6	0	0	11	54	6298.6	6299.5
30/12/2012	19:14	128.3	1	1.1	485.6	0	0	11	54	6298.6	6299.5
30/12/2012	19:29	128.2	1	1.1	485.6	0	0	11	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	19:44	128.3	1	1.1	485.6	0	0	11	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	19:59	128.5	1	1.1	485.6	0	0	10	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	20:14	128	1	1.7	485.6	0	0	11	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	20:29	128.2	1	1.1	485.6	0	0	11	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	20:44	0.2	1	246.1	485.6	0	0	4080	54	6298.6	6299.6
30/12/2012	20:59	0.2	1	286.2	485.6	0	0	4080	54	6298.6	6299.6

Esta tabla aun presenta el error del promediador; nótese que la hora de encendido de la estación y la hora a la que termina, no cumple las 24 hrs, indicando que la batería estuvo descargándose y no alcanzo a recargarse por completo y de acuerdo a la base de datos este fue el ultimo día que transmitió la estación hasta el 8 de Enero del 2013, se debe a que apagaron los *breakers* de la energía cortando la luz a la computadora que recibe la información, y como fue mencionado antes la estación sola no almacena la información.



Al regresar, después del periodo y habiendo cambiado el programa los problemas con el promediador y la mínima persisten como se muestra a continuación.

Fecha	Hora	Dir Viento (Az)	Vel Viento (m/s)	Rad Solar (W/m ²)	Rad Solar Max (W/m ²)	Int Prec (mm/min)	Prec Diaria (mm)	Temp (°C)	Temp Max(°C)	Temp Prom(°C)
08/01/2013	09:59	202.4	7				0	23	23	6298.6
08/01/2013	10:14	199.7	3	505.3	432.9		0	24	23	6298.6
08/01/2013	10:29	185.5	4	515.5	525.7		0	24	24	6298.6
08/01/2013	10:44	184.6	7	501.1	525.7		0	24	24	6298.6
08/01/2013	10:59	191.2	5	795.8	670.6		0	25	25	6298.6
08/01/2013	11:14	214.4	4	488	670.6		0	25	25	6298.6
08/01/2013	11:29	190	6	220.9	670.6		0	25	25	6298.6
08/01/2013	11:44	187.3	2	210.7	670.6		0	26	26	6298.6
08/01/2013	11:59	219.4	7	757.4	670.6		0	25	26	6298.6
08/01/2013	12:14	179.3	3	251.4	670.6		0	25	26	6298.6
08/01/2013	12:29	258.4	4	1149.1	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	12:44	289.3	5	228.7	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	12:59	176.6	10	1072.4	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	13:14	281.2	4	1043.1	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	13:29	359.9	2	229.3	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	13:44	288.2	4	926.9	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	13:59	298	5	171.8	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	14:14	256.7	8	157.4	1049.7		0	25	26	6298.6
08/01/2013	14:29	205	7	642.5	1049.7		0	25	26	6298.6
08/01/2013	14:44	262.6	6	690.4	1049.7		0	26	26	6298.6
08/01/2013	14:59	265.7	2	535.9	1049.7		0	24	26	6298.6
08/01/2013	15:14	198.1	8	517.3	1049.7		0	25	25	6298.6
08/01/2013	15:29	224.4	2	445.5	1049.7		0	25	25	6298.6
08/01/2013	15:44	212.9	5	57.4	1049.7		0	24	26	6298.6
08/01/2013	15:59	199.7	2	101.1	1049.7		0	24	26	6298.6
08/01/2013	16:14	315.6	8	220.3	1049.7		0	17	26	6298.6
08/01/2013	16:29	324.1	5	185.6	1049.7		0	15	26	6298.6
08/01/2013	16:44	348.2	10	134.1	1049.7		0	14	26	6298.6
08/01/2013	16:59	324.2	9	88	1049.7		0	13	26	6298.6



08/01/2013	17:14	330.5	5	47.3	1049.7	0	0	13	26	6298.6
08/01/2013	17:29	340.7	8	22.7	1049.7	0	0	13	26	6298.6
08/01/2013	17:44	358.2	7	3.5	1049.7	0	0	13	26	6298.6
08/01/2013	17:59	346.5	8	1.7	1049.7	0	0	12	26	6298.6
08/01/2013	18:14	330.1	6	1.7	1049.7	0	0	12	26	6298.6
08/01/2013	18:29	337.1	4	1.7	1049.7	0	0	12	26	6298.6
08/01/2013	18:44	334	3	1.1	1049.7	0	0	11	26	6298.6
08/01/2013	18:59	324.5	3	1.1	1049.7	0	0	11	26	6298.6
08/01/2013	19:14	322.8	5	1.7	1049.7	0	0	11	26	6298.6
08/01/2013	19:29	320.9	4	1.7	1049.7	0	0	11	26	6298.6
08/01/2013	19:44	305.9	3	1.1	1049.7	0	0	10	26	6298.6
08/01/2013	19:59	318.5	2	1.1	1049.7	0	0	10	26	6298.6
08/01/2013	20:14	310.5	3	1.1	1049.7	0	0	10	26	6298.6
08/01/2013	20:29	323.3	2	1.1	1049.7	0	0	10	26	6298.6
08/01/2013	20:44	314.1	1	1.7	1049.7	0	0	9	26	6298.6
08/01/2013	20:59	320	1	1.7	1049.7	0	0	9	26	6298.6
08/01/2013	21:14	292.2	2	1.7	1049.7	0	0	9	26	6298.6
08/01/2013	21:29	305.4	1	1.1	1049.7	0	0	9	26	6298.6
08/01/2013	21:44	321.3	1	1.7	1049.7	0	0	8	26	6298.6
08/01/2013	21:59	320.9	1	1.1	1049.7	0	0	8	26	6298.6
08/01/2013	22:14	320.6	1	1.7	1049.7	0	0	8	26	6298.6
08/01/2013	22:29	313.2	1	1.7	1049.7	0	0	8	26	6298.6
08/01/2013	22:44	311.9	1	1.1	1049.7	0	0	8	26	6298.6
08/01/2013	22:59	311.8	1	0.5	1049.7	0	0	8	26	6298.6

Se continuaron con las pruebas y cambios en el programa, eventualmente se implementó la ecuación de Steinhart-Hart mostrando decimales en la temperatura y así se corrigió el error, y muestra las horas de las máximas y mínimas. En este punto la batería ya no cargo y estaba inflada, debido a la falta de cargador y estando conectada directo del panel a la batería; se planea y comienza el trabajo en el cargador.

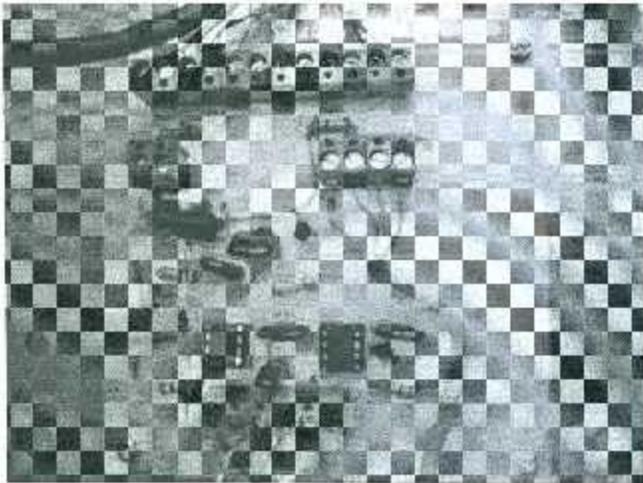


Fecha	Hora	Dir Viento (Ac)	Vel Viento (m/s)	Rad Solar (W/m ²)	Rad Solar Max (W/m ²)	Inte Prec (mm/min)	Prec Diaria (mm)	Temp (°C)	Temp Max (°C)	Hora Temp Max	Temp Min (°C)	Hora Temp Min
19/02/2012	09:40	156.1	0.6	176	176	0	0	16.9	16.9	09:49:55	15.1	120:62:52
19/02/2012	10:04	167.6	1.7	213.1	213.1	0	0	17.9	17.9	10:04:55	15.1	120:62:52
19/02/2012	10:19	136.7	1.4	211.3	237.1	0	0	18.3	18.5	10:14:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	10:34	141.6	1.6	324.5	324.5	0	0	19.3	19.3	10:34:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	10:49	137.6	3.2	368.7	397.6	0	0	20.6	20.6	10:49:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	11:04	107.5	2.4	294	297.6	0	0	20.4	20.6	11:09:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	11:19	142.7	2.7	247.7	397.6	0	0	21.6	21.6	11:19:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	11:34	85.1	1.8	355.6	397.6	0	0	21.7	21.8	11:24:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	11:49	111.8	2	305.3	397.6	0	0	22.7	23.4	11:49:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	12:04	128	1.8	355	421.5	0	0	23.7	23.7	12:04:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	12:19	94.2	1.6	382.6	421.5	0	0	23.8	23.8	12:19:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	12:34	102	1.4	428.7	428.7	0	0	24.3	24.3	12:29:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	12:49	86.8	1.8	400	454.4	0	0	25	25	12:49:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	13:04	86.8	2.1	356.8	454.4	0	0	25.6	25.6	12:59:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	13:19	130.7	2	376	454.4	0	0	26.1	26.1	13:19:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	13:34	127.6	0.5	352.6	454.4	0	4.6	27.2	27.2	13:34:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	13:49	148.3	1.7	532.9	532.9	0	4.6	27.5	28	13:39:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	14:04	103.2	1.6	405.9	532.9	0	4.6	26.9	28	13:39:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	14:19	80	2.6	537.3	537.9	0	4.6	27.2	28	13:39:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	14:34	111.5	2.1	422.1	532.9	0	4.6	29	29	14:34:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	14:49	65.6	1.9	513.1	532.9	0	4.6	28.5	29	14:34:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	15:04	85.4	1.7	247.6	532.9	0	4.6	28.7	29	14:34:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	15:19	78.6	2.2	294.6	532.9	0	4.6	28.4	29	14:34:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	15:34	156.9	2.6	171.2	589.8	0	4.6	28	29.9	15:19:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	15:49	134.9	2.7	552.6	589.8	0	4.6	29.4	29.9	15:19:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	16:04	134.5	3.5	495.8	589.8	0	4.6	25.2	30.8	15:54:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	16:19	157.4	1.4	571.8	602.9	0	4.6	29.9	30.8	15:54:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	16:34	94.9	1.1	162.2	602.9	0	4.6	29.3	30.8	15:54:55	16.1	120:62:52
19/02/2012	17:04	80.6	3	332.9	602.9	0	4.6	29.7	30.8	15:54:55	16.1	120:62:52

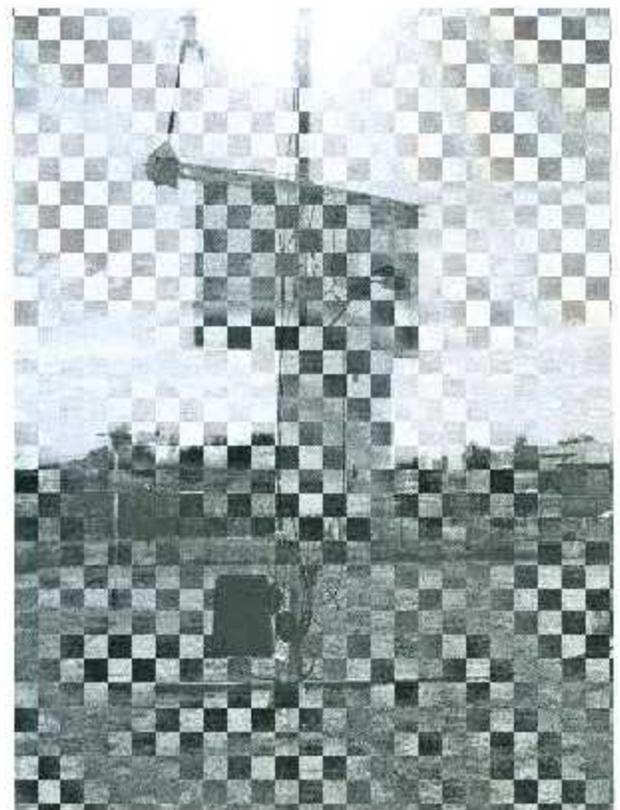
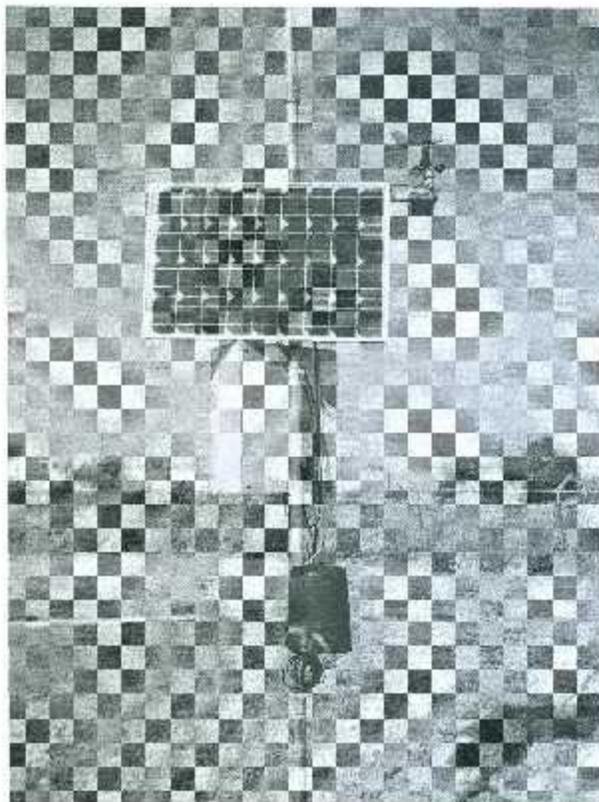


ANEXO E

Fotografías de la estación.



Circuito Fuente y Estación ya instalada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro posición de Invierno.





El interior del gabinete contiene la tarjeta PICPLC16B, el Modem, los circuitos de fuente y cargador solar y la batería.

Estación en posición de verano, panel solar inclinado a 25.5 grados.

