

## **PROYECTO**

### **RED DE ESTACIONES AGROCLIMATOLÓGICAS EN LAS PRINCIPALES REGIONES AGROPECUARIAS DEL ESTADO DE MORELOS (OPERACIÓN Y CALIBRACIÓN DE REDES DE ESTACIONES AGROCLIMATOLÓGICAS) TH1121.4**

#### **INFORME FINAL**

#### **COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA SUBCOORDIANCIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA**

#### **Participantes:**

**Dr. Ricardo Prieto González  
M.S.I. Esteban Pardo García  
Dr. Efraín Cruz Cruz  
Dr. Juan de Dios Bustamante Orañegui  
Ing. Alberto Trujillo Campos  
LI Oscar Escalona Flores  
M.I Norma Elizabeth Valencia Vargas  
M.I. José Guadalupe Rosario de la Cruz**

**México 2012**

## Índice de contenido

Resumen Ejecutivo.....	
1.- Introducción.....	5
1.1.- Antecedentes.....	6
2.- Objetivos.....	7
3.- Metas.....	8
4. Red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos.....	9
4.1 Descripción de las variables meteorológicas.....	9
4.2. Componentes de la red estaciones agroclimatológicas.....	11
4.2.1. Estación transmisora.....	11
4.2.2. Estación receptora.....	13
4.3. Arquitectura de la red agroclimatológica.....	14
4.4. Ubicación de las estaciones agroclimatológicas.....	16
5. Actividades del proyecto.....	17
5.1. Análisis, captura y simulación de los modelos de pronóstico agrometeorológicos.....	17
5.2. Difundir en el portal electrónico los modelos de pronóstico Agrometeorológicos. ....	20
5.3. Mantener en operación el equipo de recepción de los datos y supervisión de los sistemas informáticos. ....	22
5.4. Respaldo de la información de manera mensual. ....	24
5.5. Supervisión, mantenimiento y actualización de los sistemas informáticos del portal electrónico. ....	24
5.6. Revisión, diagnóstico y mantenimiento de los sensores de cada estación en campo. ....	27
5.6.1. Jornadas de mantenimiento. ....	29
5.6.2. Reubicación de la estación de Rancho el Potrerillo. ....	30
5.6.3. Herramientas, materiales y equipos utilizado en el mantenimiento. ....	30
5.7. Reparación en laboratorio de sensores dañados obtención de datos.....	31
5.8 Validación de los datos para diagnosticar los sensores que requieran calibración. ....	32
6. Impacto esperado.....	33
6.1. Geográfico.....	33
6.2. Sectorial.....	33
6.3. Económico.....	34
6.4. Social.....	34
6.5. Ambiental.....	34
7. Productos y resultados.....	35
7.1. Productos.....	35
7.2. Resultados.....	35
8. Conclusiones y recomendaciones.....	36
9. Bibliografía.....	36
10. Anexos. Listado de anexos en el CD.....	38

## Índice de tablas

Tabla 1. Periodo y número de estaciones instaladas por etapa.....	4
Tabla 2. Componentes de la estación transmisora.....	10
Tabla 3. Componentes de la estación receptora.....	11
Tabla 4. Listado de las estaciones del estado de Morelos.....	14
Tabla 5. Herramientas y equipos utilizados en mantenimiento.....	24

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de los componentes de la estación.....	9
Figura 2. Esquema de instalación del modem A440.....	12
Figura 3. Esquema de la arquitectura de la red de estaciones del estado de Morelos.....	13
Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones del estado de Morelos	14
Figura 5. Registro de datos de riego. ....	16
Figura 6. Balance de agua por unidad de área en Maiz y Cebolla. ....	16
Figura 7. Captura de datos de pronóstico. ....	17
Figura 8. Resultados del pronóstico de riego. ....	17
Figura 9. Menú de configuración estación base A840. ....	18
Figura 10. Mapa de viento para la estación INIFAP. ....	20
Figura 11. Alta de datos de estación y exportar datos. ....	21
Figura 12. Monitoreo de la operación de la red. ....	27

## Índice de fotografías

Foto 1. Instalación recomendada de la estación agroclimatológica.....	9
Foto 2. Preparación de terreno y cultivos de Cebolla y Maíz. ....	15
Foto 3. Cambio de batería y configuración del enlace Tepoztlán 1. ...	23
Foto 4.- Estación antes del mantenimiento. ....	23
Foto 5.- Estación después del mantenimiento. ....	23
Foto 6. Ubicación anterior y actual de la estación. ....	24
Foto 7. Ubicación actual de la estación. ....	24
Foto 8. Reparación de pluviómetro. ....	25
Foto 9. Reparación sensor velocidad del viento. ....	26

## II. RESUMEN TÉCNICO

**Antecedentes.** Ante la recurrencia de eventos climáticos adversos que afectan las actividades agroalimentarias del país, la SAGARPA con el apoyo del INIFAP y la COFUPRO, implementó la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. En Morelos inició en 2006 y la Red se mantiene en operación por el trabajo conjunto entre el INIFAP y el IMTA. La infraestructura que constituye a la Red, automatiza el registro del tiempo meteorológico. La información disponible en línea, es aplicable a los procesos de producción y protección de cultivos y hatos ganaderos.

**Objetivo general.** Consolidar la operación y funcionamiento de la red de estaciones agroclimatológicas, mediante un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, de tal forma que se garantice la medición, transmisión, recepción y difusión en línea de los datos de manera consistente y confiable. Específicamente, Difundir y dar a conocer la existencia de las estaciones agroclimatológicas en el estado de Morelos, así como la disponibilidad en línea de los datos Agrometeorológicos, de manera gratuita y a todo el público en general.

**Metodología.** Para la difusión en el portal electrónico del modelo de riego propuesto (FAO 2006), este se comparó con otro de INIFAP (2009), y con el Sistema de Riego Automatizado SIRA, considerando como estudio de caso a los cultivos de Maíz y Cebolla en suelos tipo vertisol; en adición, Se preparan scripts para el manejo de los registros en la base de datos, con los que se apoyará a los diferentes sistemas, modelos, usuarios, que requieran la información de una manera predeterminada. Se llevó a cabo el mantenimiento preventivo del equipo de recepción y sistemas informáticos, se limpió el disco duro de archivos temporales y cadenas perdidas en el registro del sistema operativo, y desfragmentando el disco duro; respecto a la estación base A840 se ajustó la configuración de operación de estaciones disminuyendo o aumentando el tiempo de petición de datos y modificando la trayectoria de comunicación entre estación enlace y estación base A840. Continuó el proceso de respaldo mensual en la computadora conectada directamente a la base A840, en el servidor “galileo” y en disco compacto. Se conservó, actualizó y mejoró la funcionalidad existente de los sistemas informáticos del portal, incorporando un modulo que permite presentar en mapas la dirección y velocidad del viento. Se

realizaron dos jornadas de mantenimiento preventivo a las 22 estaciones limpiando el recinto y sensores además de cambiar baterías en algunas estaciones.

**Resultados y Conclusiones.** Debido a que en su validación se registran desviaciones que necesitan corrección, se restringirá el acceso al uso del modelo de riego propuesto en el portal de la Red de estaciones Agroclimáticas. La modificación a la configuración del receptor (A840), ha sido funcional y el equipo de recepción y sistemas informáticos incluyendo el portal, están operando correctamente.

Los registros agroclimáticos acumulados al mes de junio del 2012 de las 22 estaciones están respaldados y su transmisión en línea hacia el Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos es ininterrumpida. El sistema de administración e implementación de programas de cómputo permite mantener la configuración de los sensores en las estaciones, y desarrollar módulos como el de vientos para representar la dirección y velocidad de vientos predominantes. El mantenimiento preventivo y correctivo en las 22 estaciones agroclimatológicas y la Red, resultó en una eficiencia de operación mayor del 80% al término del proyecto.

Quality Assurance And Management Of Observing Systems Part 3, WMO, 2009. Measurement Of Meteorological Variables- Part 1 WMO, 2009.

Villalpando, J; Ruiz, A. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México. 133 p

## 1. Introducción

Con la finalidad de garantizar el funcionamiento óptimo, disponibilidad de datos y la difusión de la información de las estaciones agroclimatológicas instaladas en las principales zonas agropecuarias del estado de Morelos, se realizó el proyecto “Operación y mantenimiento de la red agroclimatológica del estado de Morelos”, en el periodo de ejecución del proyecto se realizaron actividades de jornadas de mantenimiento preventivo y correctivo en campo, supervisión y revisión de la infraestructura de la red de transmisión/recepción (estaciones, enlaces, base A840 y equipo informático), realizar la calibración de los sensores meteorológicos de las estaciones con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos y continuar con los trabajos de supervisión, actualización y mejora continua de la página WEB donde se publican libremente y a tiempo real los datos de las estaciones que conforman la red agroclimatológica del estado de Morelos.

## 1.1. Antecedentes

Ante la recurrencia de eventos climáticos adversos que afectan las actividades agroalimentarias del país, la SAGARPA con el apoyo del INIFAP y de las Fundaciones Produce de los Estados, implementaron la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Esta red tiene como objetivo principal disponer de infraestructura para el registro automatizado del tiempo meteorológico, con la finalidad de ofrecer a los productores agropecuarios información meteorológica a tiempo real, aplicada a los procesos de producción y protección ante clima adverso.

Desde que inició el proyecto para el estado de Morelos en el año 2006, se ha venido trabajando de manera conjunta entre el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pecuarias (INIFAP, y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Financiado en todos los años por la Fundación Produce Morelos A.C. (FUPROMOR).

La red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos se implementó en tres etapas, entre los años 2006 y 2007, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Periodo y número de estaciones instaladas por etapa.

Etapa	Periodo	Numero de estaciones
1ra	Febrero - Marzo 2006	10
2da	Julio 2006	7
3ra	Mayo - Junio 2007	6

Los criterios que definieron la instalación de las estaciones son:

1. Zonas agrícolas con mayor representatividad de los productos de la entidad.
2. Línea de vista entre transmisión y recepción buena para la transmisión de la señal entre las estaciones, enlaces y estación base receptora A840.
3. Seguridad de las estaciones en campo.
4. Contar con el permiso del productor cooperante.

## 2. Objetivos

Los objetivos principales del proyecto son:

- Consolidar la operación y funcionamiento de la red de estaciones agroclimatológicas, mediante el programa de mantenimiento preventivo y correctivo, de tal forma que se garantice la medición, transmisión, recepción y difusión de los datos de manera consistente y confiable en tiempo real.
- Difundir y dar a conocer la existencia de las estaciones agroclimatológicas en el estado de Morelos, así como la disponibilidad de los datos agrometeorológicos a tiempo real de manera gratuita y a todo el público en general.

El logro de los objetivos antes mencionados asegurará contar con una infraestructura que proporcione la información de utilidad en los diferentes sectores productivos de la entidad.

### 3. Metas

- Visitas periódicas a cada una de las estaciones agroclimatológicas para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, asegurando en todo momento la integridad física de la estación y el buen estado de los sensores.
- Supervisar constante de la transmisión de los datos de cada una de las estaciones, para identificar anomalías y retrasos en el envío de los datos, así como posibles daños físicos que pudiera tener cada sensor en las 22 estaciones agroclimatológicas.
- Monitoreo constante de la estación base A840 y del equipo de cómputo para mantener operando correctamente la comunicación con las estaciones y obtener los datos en el equipo de cómputo y posteriormente hacer el procesamiento y difusión de los datos.
- Actualización de la página WEB de la red de estaciones para satisfacer las necesidades de información del productor agropecuario de Morelos y público en general.
- Promover y difundir la existencia de las estaciones agroclimatológicas del Estado de Morelos, así como garantizar la disponibilidad de los datos a tiempo real y de manera gratuita.
- Reubicar estaciones por inseguridad o carencia de línea de vista para la transmisión de datos.

## 4. Red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos

La red de estaciones agroclimatológicas del Estado de Morelos está compuesta por 22 estaciones transmisoras marca Adcon Telemetry, dos enlaces (repetidoras) y la estación receptora.

### 4.1. Descripción de las variables meteorológicas

Los radios registradores de cada estación están configurados para que reporten datos cada 15 minutos. Los sensores envían datos cada minuto al radio registrador, este hace un promedio cada 15 minutos, este método se aplica a todos los sensores a excepción del pluviómetro, que registra y reporta la lluvia acumulada en los 15 minutos.

A continuación se describe cada una de las variables meteorológicas reportadas por las estaciones antes referidas.

#### Humedad Relativa

La humedad de una masa de aire no depende de la cantidad de agua por metro cúbico que contenga, eso es la humedad absoluta y obedece a la evaporación, sino de la capacidad del aire para absorber agua. Esta capacidad depende de la temperatura del aire, puesto que esta absorción de agua necesita energía calorífica.

A esta capacidad se le llama *humedad relativa* y se mide en porcentaje. Para una misma humedad absoluta, la humedad relativa aumenta cuando desciende la temperatura. Para el clima lo más importante es la humedad relativa ya que una masa de aire saturada, o cercana a la saturación, es una masa de aire húmeda y las plantas pueden aprovechar su agua; mientras que de una masa de aire seca no; aunque tenga mayor humedad absoluta. En realidad, todo depende de la presión de vapor de agua.

#### Dirección y velocidad del viento

El viento es el movimiento del aire. La dirección, depende directamente de la distribución de las presiones, pues aquel tiende a soplar desde la región de altas presiones hacia presiones más bajas. Se llama *dirección del viento* el punto del horizonte de donde viene o sopla. En escalas espaciales hemisféricas o sinópticas, la

dirección del viento está relacionada con la rotación terrestre, su unidad de medida es grados donde 0° es el norte, 90° es el este, 180° es el sur y 270° es el oeste. *La velocidad del viento* representa la intensidad del viento que se mide en km/h.

## Temperatura

*La temperatura* es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en su movimiento medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño. Los suelos cubiertos de vegetación se calientan menos que los desprovistos de ella ya que refractan menos calor. *La temperatura* se mide en grados centígrados.

## Precipitación

*La precipitación* es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la Tierra por gravedad. *La precipitación pluvial* se mide en mm, que equivalen al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie 1 m<sup>2</sup> plana e impermeable.

## Humedad de la hoja

*Humedad de Follaje/Hojas* se define como la humedad condensada en la superficie de las hojas y otras partes expuestas de las plantas. Esta condición de humedad en las superficie de las plantas es un factor determinante en los procesos de desarrollo de algunos patógenos que atacan a las plantas, por lo que el poder determinar el tiempo y la cantidad de humedad condensada en la superficie de las plantas que permite el correlacionar esta humedad con el potencial de que se presente una enfermedad en el cultivo. La manera de evaluar esta humedad es mediante el uso de sensores, que al igual que las plantas expongan una superficie la cual se humedecerá y secara de manera similar a las superficies expuestas de la planta.

## Radiación Solar

Se conoce por *radiación solar* al conjunto de radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el Sol. Éstas van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

La unidad práctica que describe la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia o unidad de potencia por metro cuadrado [ $\text{w}/\text{m}^2$ ]. La exposición exagerada a la radiación solar puede ser perjudicial para la salud.

La radiación solar que llega al sistema tierra - atmósfera, se conoce también con el nombre de radiación de onda corta, por los valores de longitud de onda en los que se concentra el máximo de emisión de energía solar. La atmósfera es mayormente transparente a la radiación solar entrante. Al tope de la atmósfera llega un 100 % de radiación solar, sólo un 25% llega directamente a la superficie de la Tierra y un 26% es dispersado por la atmósfera como radiación difusa hacia la superficie, esto hace que un 51 % de radiación llegue a la superficie terrestre. Un 19 % es absorbido por las nubes y gases atmosféricos. El otro 30 % se pierde hacia el espacio, de esto la atmósfera dispersa un 6 %, las nubes reflejan un 20 % y el suelo refleja el otro 4 %. Entonces la radiación solar que llega a la atmósfera puede ser dispersada, reflejada o absorbida por sus componentes. Esto depende de la longitud de onda de la energía transmitida y del tamaño y naturaleza de la sustancia que modifica la radiación.

## **4.2. Componentes de la red de estaciones agroclimatológicas**

### **4.2.1. Estación transmisora**

Las estaciones agroclimatológicas instaladas en el estado de Morelos están integradas con 7 sensores, radio registrador y panel solar, ver la figura 1. La recepción de los datos generados la realiza el radio registrador A733. En la foto 1 se ilustra la forma recomendada para la instalación de la estación en campo y en la tabla 2 se describen brevemente los equipos de la estación agroclimatológica.

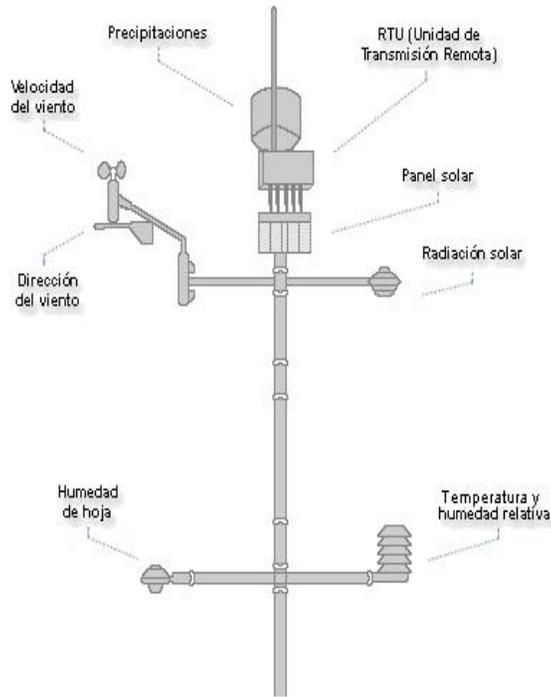


Figura 1.- Esquema de los componentes de la estación

Foto 1. Instalación recomendada de la estación agroclimatólogica.

Tabla 2.- Componentes de la estación transmisora.

Componente	Nombre/Descripción
	<b>UTR A733 (Transmisor):</b> Recibe datos de los sensores, guarda en memoria, hace promedio, suma y transmite a la base receptora A840 a través de ondas de radio.
	<b>Panel solar:</b> Convierte la energía solar en eléctrica y carga la batería interna del UTR A733 que alimenta el transmisor y sensores.
	<b>Sensor</b> de temperatura del aire y la humedad relativa.
	<b>Piranómetro:</b> Registra la radiación solar global.

	<p><b>Anemómetro y veleta:</b> Registra la velocidad y dirección del viento.</p>
	<p><b>Humedad de la hoja.</b> Registra la humedad del follaje del entorno por conductividad.</p>
	<p><b>Pluviómetro:</b> Registra la lluvia acumulada en el tiempo.</p>

#### 4.2.2. Estación Receptora

El sistema de recepción de datos se encarga solicitar y recibir datos de las 22 estaciones a través de ondas de radio, está integrada por el radio Modem Inalámbrico A440 con antena, la estación base A840 (A850), el software exportador de datos A2A, el software administrador Advantage Pro 5.4. En la tabla 3 se describen los equipos de la recepción y en la figura 2 se tiene la instalación del A440.

Tabla 3. Componentes de la estación receptora

Componente	Nombre/Descripción
	<p><b>Modem Inalámbrico A440.</b> Recibe las ondas de radio enviadas por los radios registradores de cada estación. Envía las peticiones de datos que hace la estación base A840. Altura mínima 30m entre el A440 y A840.</p>
	<p><b>La estación Base A840.</b> Solicita/recibe datos de cada estación a través de ondas de radio a cada 10 minutos por estación. Convierte la información de ondas de radio a datos del clima. Esta información es almacenada en la memoria del A840 (aproximadamente 30 días). Envía y recibe peticiones de datos, El Laboratorio de Sensores</p>

	Remotos del INIFAP obtiene los datos a través de Internet.
	<p><b>Software exportador A2A.</b> Extrae la información de la estación base A840 y genera archivos de datos tipo ("estación.dat") Excel de Microsoft por día. Se almacenan en la carpeta definida en la configuración del A2A.</p> <p>Addvantage Pro 5.4. Servidor de datos que permite administrar la información generada por la red de estaciones, genera consultas graficas de cada variable. Tiene aplicaciones específicas para agricultura.</p>

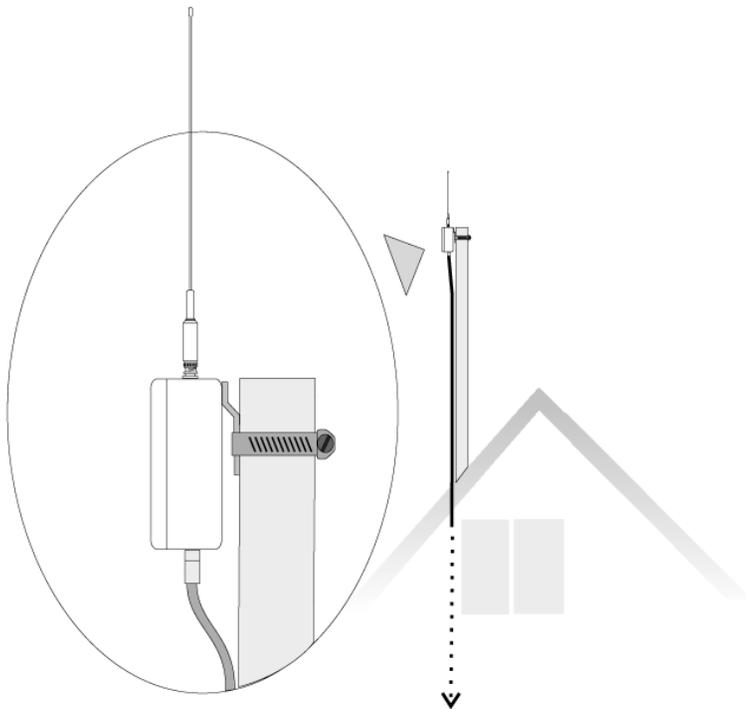


Figura 2. Esquema de instalación del modem A440

### 4.3. Arquitectura de la red agroclimatológica.

La tecnología Adcon Telemetry consta de una base receptora A840 que se encarga de comunicarse con todas las estaciones, y enlaces, la solicitud de los datos se hace cada 10 min. Cada estación envía la información al A840 o enlace para retransmitir la señal hasta llegar a la estación base A840. La estación base almacena la información y se obtiene a través del software A2A como archivos de texto. Para

visualizar la información es necesario enviarla al servidor de Internet (galileo). Finalmente los usuarios pueden acceder a los datos proporcionados por la red de estaciones agroclimatológica mediante una conexión a Internet.

En la figura 3 se ilustra la arquitectura de la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos.

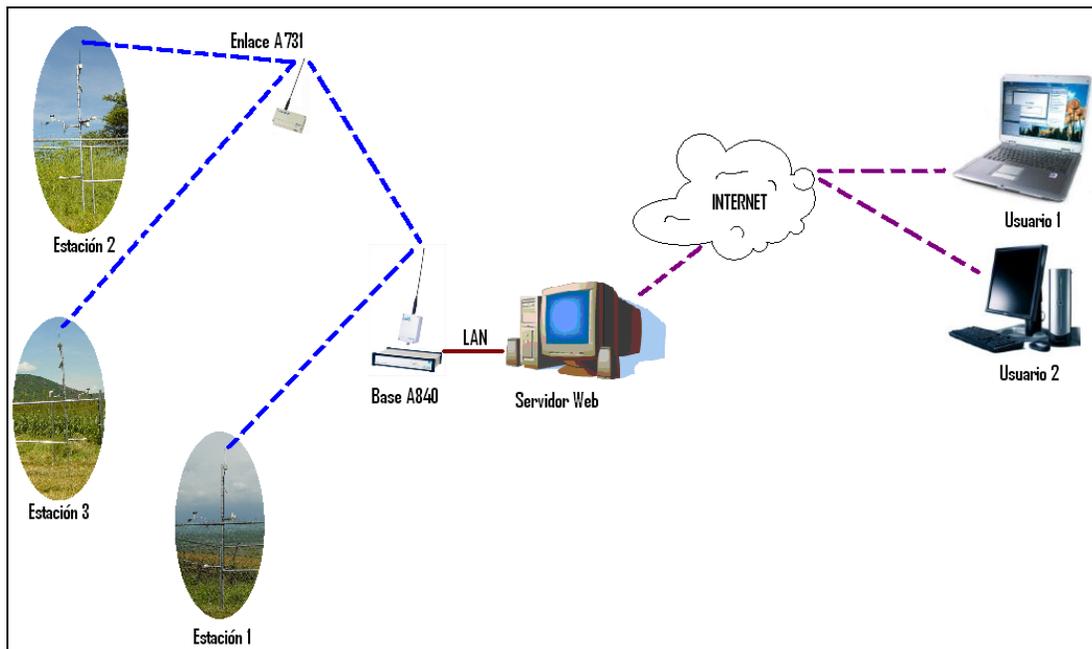


Figura 3. –Esquema de la arquitectura de la red de estaciones del estado de Morelos.

La base receptora A840 se encuentra instalada en el edificio de la Subcoordinación de Hidrometeorología del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Una vez que los datos se encuentran almacenados en la base A840 el Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, se conecta a través de Internet para descargar, almacenar y procesar los datos para su difusión diaria en la página web <http://clima.inifap.gob.mx> (los datos históricos no están disponibles al público en general).

Los datos se extraen de la base A840 para almacenarlos en archivos ASCII y posteriormente introducirlos a la base de datos que se consulta en la página Web <http://galileo.imta.mx/FUPROMOR>, en esta página se pueden consultar tanto los datos diarios como históricos de manera gratuita y a todo el público en general. Las consultas se generan por día, por semana, por mes o por periodo, es posible realizar graficas de isolíneas, contornos y animación diaria. La página se encuentra en

constante actualización para satisfacer las necesidades del productor agropecuario de Morelos.

#### 4.4. Ubicación de las estaciones agroclimatológicas

En la tabla 4 se proporciona el listado de las 22 estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos y en la figura 4 se ilustra su ubicación.

Tabla 4. Listado de las estaciones del estado de Morelos.

Clave	Nombre	Municipio	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Cooperante
MOR-001	INIFAP	Zacatepec	18.6564	-99.1911	911	Dr. Efraín Cruz Cruz
MOR-002	El Calvario	Mazatepec	18.7246	-98.9236	1070	Sr. Francisco Pichardo Domínguez
MOR-003	Rancho el Potrerillo	Amacuzac	18.5930	-99.3388	916	Sr. Ricardo Avalos
MOR-004	CEIEPO	Huitzilac	19.0250	-99.2667	2743	MVZ. MC. José de Jesús Núñez Saavedra
MOR-005	Tlaquiltenango	Tlaquiltenango	18.6289	-99.1603	1023	Sr. Martín Pérez Figueroa
MOR-006	Ocuituco	Ocuituco	18.8769	-98.7756	1737	Sr. Esteban Sánchez Meléndez
MOR-007	El Hospital	Cuatla	18.8117	-98.9547	1297	Sr. Simón Serrano Solano
MOR-008	Ayala	Ayala	18.7672	-98.9831	1372	Sr. Juan González Ramírez
MOR-009	Axochiapan	Axochiapan	18.5022	-98.7528	1009	Dir. CEBTA 129 de Axochiapan
MOR-010	Jonacatepec	Jonacatepec	18.6828	-98.8025	1363	Sr. Eufemio González Hernández
MOR-011	Puente de Ixtla	Puente de Ixtla	18.6384	-99.3449	1009	Sr. Margarito Guadarrama Beltrán
MOR-012	Coatetelco	Coatetelco	18.7169	-99.2930	1077	Sr. Miguel Pena Remigio
MOR-013	Tepalcingo	Tepalcingo	18.6345	-98.8997	1186	Sra. Ecliseria Gómez Cortes
MOR-015	Emiliano Zapata	Emiliano Zapata	18.8383	-99.1691	1372	Sr. Rogelio Zetina Celis
MOR-016	Tepoztlán	Tepoztlán	18.9556	-99.0891	1356	Comisario Ejidal Héctor Quiroz Hernández
MOR-017	Tlayacapan	Tlayacapan	18.9500	-98.9858	1648	Dir. Primo Sánchez Arias
MOR-018	Tlaltizapan	Tlaltizapan	18.6912	-98.8658	951	Sr. Eleuterio Mejía
MOR-019	Tetela del Monte	Cuernavaca	18.9706	-98.7279	1944	Ing. Federico Martínez Martínez
MOR-020	Tetela del Volcán	Tetela del Volcán	18.8828	-97.2892	2154	Sr. Petronilo Ariza Mendoza
MOR-021	Tehuixtla	Jojutla	18.5417	-98.7383	889	Sr. Juan Ibañes
MOR-022	Huazulco	Temoac	18.7548	-97.1901	1538	Sr. Crisoforo Caporal Aparicio
MOR-023	Tlalnepantla	Tlalnepantla	19.0115	-97.0032	2085	Consejo Municipal de Nopaleros A.C.

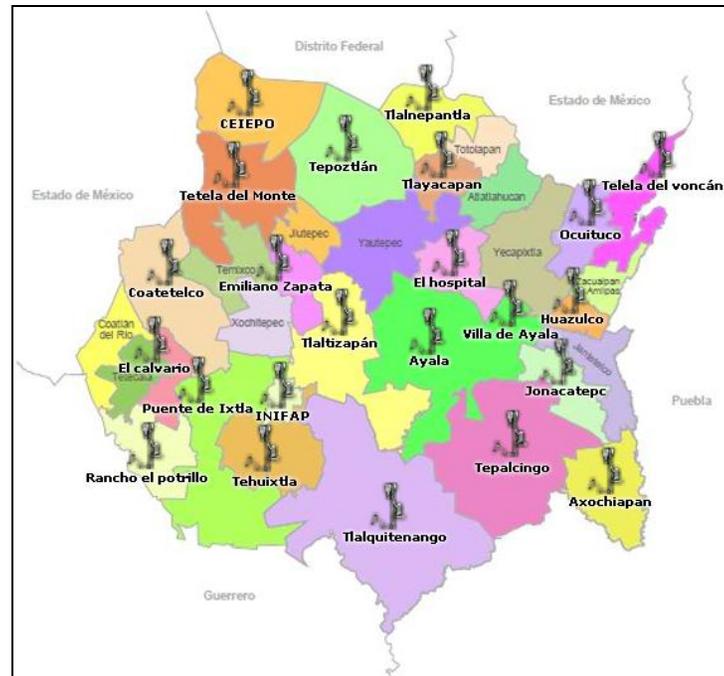


Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones del estado de Morelos.

## 5. Actividades del proyecto

### 5.1. Análisis, captura y simulación de los modelos de pronóstico agrometeorológicos.

Se inicia la etapa de calibración del modelo de pronóstico de riego en coordinación con el personal del INIFAP para seleccionar los cultivos y terrenos, así como las herramientas para la captura de datos. Se define calibrar para los cultivos de Maíz y Cebolla en los terrenos del campo del INIFAP.

Se inicia con la preparación del terreno, instalación de tubería, equipo para riego y captura de datos en el proceso de siembra de Maíz y cebolla, ver foto 2.

En el proceso de crecimiento de los cultivos se utiliza el sistema de riego automatizado (SIRA) que proporciona agua de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo, simultáneamente va registrando información requerida para calibrar el modelo de pronóstico de riego (Gasto, evapotranspiración, Precipitación), también se considera la cantidad de lluvia que registra la estación de INIFAP. Ver la figura 5.

Se integran los datos de todo el ciclo de los cultivos de maíz y cebolla en la base de datos para iniciar el proceso de reingeniería del modelo de pronóstico de riego y hacer las simulaciones necesarias para adecuar el modelo a las condiciones de riego y método de riego utilizado. Ver figura 6 de la grafica de resultados del SIRA. Para mas detalles ver anexo A.

Se obtuvieron resultados satisfactorios al momento de hacer la comparación del resultado generado por el modelo de pronóstico de riego con los consumos utilizados en la realidad en el cultivo de Maíz y cebolla.

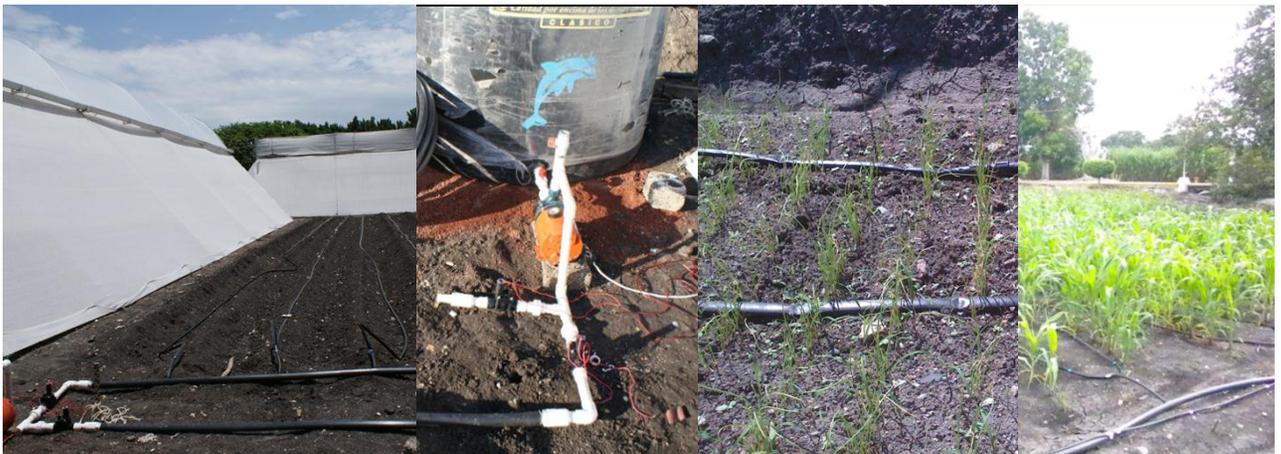


Foto 2. Preparación de terreno y cultivos de Cebolla y Maíz.



Figura 5. Registro de datos de riego.



Figura 6. Balance de agua por unidad de área en Maiz y Cebolla

## 5.2. Difundir en el portal electrónico los modelos de pronóstico agrometeorológicos.

La calibración de los modelos agrometeorológicos se inicia con el modelo de pronóstico de riego para lo cual se desactivan del portal para hacer la reprogramación del modelo, se considera la calibración para Maíz y Cebolla, utilizando el sistema de riego automatizado SIRA. En las figuras 7 y 8 se presenta las pantallas de captura de información requerida y de resultados. Ver el anexo B. En donde se describe la metodología utilizada en la implementación y uso del modelo de pronóstico de riego.



Figura 7. Captura de datos de pronóstico de riego.



Día	EC	Fecha	Prec(mm)	PrEf(mm)	Kc	ETo	ETc	ETcAc	RR(mm)	RRAc(mm)
1	1	2011-08-01	0	0	0.3	0	0	0	0	0
2	1	2011-08-02	0	0	0.3	0	0	0	0	0
3	1	2011-08-03	0	0	0.3	0	0	0	0	0
4	1	2011-08-04	0	0	0.3	0	0	0	0	0
5	1	2011-08-05	0	0	0.3	0	0	0	0	0
6	1	2011-08-06	0	0	0.3	0	0	0	0	0
7	1	2011-08-07	0	0	0.3	0	0	0	0	0
8	1	2011-08-08	0	0	0.3	0	0	0	0	0
9	1	2011-08-09	0	0	0.3	0	0	0	0	0
10	1	2011-08-10	0	0	0.3	0	0	0	0	0
11	1	2011-08-11	0	0	0.3	0	0	0	0	0
12	1	2011-08-12	0	0	0.3	0	0	0	0	0
13	1	2011-08-13	0	0	0.3	0	0	0	0	0
14	1	2011-08-14	0	0	0.3	0	0	0	0	0
15	1	2011-08-15	0	0	0.3	0	0	0	0	0
16	1	2011-08-16	0	0	0.3	0	0	0	0	0
17	1	2011-08-17	0	0	0.3	0	0	0	0	0
18	1	2011-08-18	0	0	0.3	0	0	0	0	0
19	1	2011-08-19	0	0	0.3	0	0	0	0	0
20	1	2011-08-20	0	0	0.3	0	0	0	0	0

Día = Día del periodo vegetativo del cultivo.  
 EC = Etapa de crecimiento (1-Inicial, 2-Desarrollo, 3-Intermedio y 4-Maduración).  
 Prec = Precipitación promedio diario.  
 PrEf = Precipitación efectiva.  
 Kc = Coeficiente del cultivo (Kc: Inicial, Medio y Final).  
 ETo = Evapotranspiración de referencia promedio diario [mm d<sup>-1</sup>].  
 ETc = Evapotranspiración del cultivo [mm d<sup>-1</sup>].  
 ETcAc = Evapotranspiración del cultivo acumulado.  
 RR = Requerimiento de riego.  
 RRAc = Requerimiento de riego acumulado.

Figura 8. Resultados del pronóstico de riego

### **5.3. Mantener en operación el equipo de recepción de los datos y supervisión de los sistemas informáticos.**

La operación del equipo de recepción y sistemas informáticos depende principalmente del mantenimiento preventivo realizado a:

Computadora:

- Respaldo de toda la información del disco duro principal al disco secundario de respaldo, se respalda cada 3 meses (incluye datos y sistemas informáticos).
- Limpieza del disco duro. Borrar archivos temporales, limpieza de cadenas perdidas en el registro del sistema operativo y desfragmentación de disco duro.
- Aspirado interno de la computadora y monitor.

Estación base A840

- En la estación base A840 se cambia la configuración de operación de estaciones en el caso de atraso se disminuye el tiempo de petición de datos y se modifica la trayectoria de comunicación entre estación, enlace y estación base A840, (ó estación, estación cercana y estación base A840). Ver la figura 9.

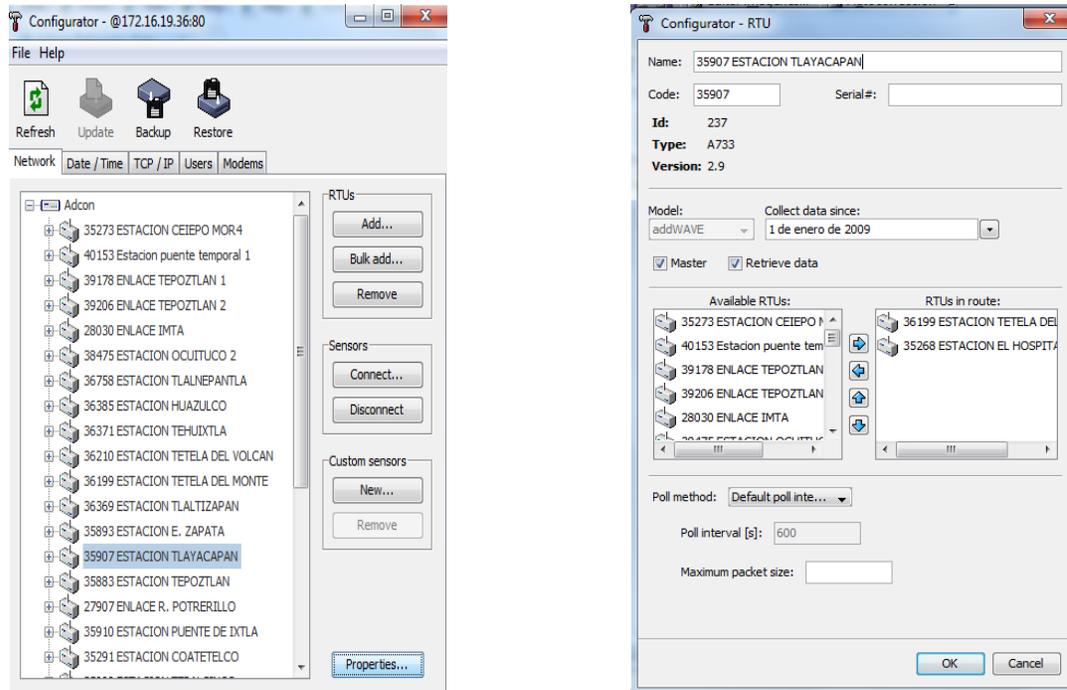


Figura 9. Menú de configuración estación base A840.

Durante el proyecto los programas y sistemas informáticos involucrados en el proceso de almacenamiento, respaldo y manejo de los datos generados por la red de estaciones agroclimatológicas del estado de Morelos, opero correctamente, en seguida se listan los programas utilizados:

- **A2A.** Obtiene los datos de las estaciones 22 de la base A840 y los guarda en archivos de datos con formato tipo texto, separado por comas.
- **Linux.** Sistema operativo para el servidor galileo utilizado como servidor WEB.
- **FTP.** Transferencia de datos entre Windows y Linux
- Apache con soporte PHP. Servidor WEB instalado en el servidor “galileo”.
- **MySQL.** Manejador de bases de datos en Linux.
- **Addvantage PRO.** Monitoreo de la red, exportador de datos y extensiones especificas agricultura.

#### **5.4. Respaldo de la información de manera mensual.**

El respaldo de la información generada por las estaciones agroclimatológicas es un proceso redundante que se hace en tres sitios:

1. En la computadora conectada directamente a la base A840, en ésta se ejecuta el software A2A que exporta la información a archivos tipo texto. El respaldo mensual se hace de los archivos que se tienen de la base A840 en el disco secundario del equipo, este respaldo se hace con el fin de garantizar la fuente original de datos.
2. En el servidor “galileo” que extrae los datos de la computadora mediante el FTP y se guardan en la base de datos FUPROMOR en el servidor de base de datos de MySQL; estos datos son los que se consultan al entrar al portal de Internet.
3. En disco compacto se respaldan los datos al finalizar el año que dura el proyecto, Se anexa disco (Anexo D).

#### **5.5. Supervisión, mantenimiento y actualización de los sistemas informáticos del portal electrónico.**

Se continuó con la actualización del portal WEB de la red de estaciones agrometeorológicas de Morelos (<http://galileo.imta.mx/FUPROMOR>), conservando y mejorando la funcionalidad existente, las interfaces son más amigables en el manejo y despliegue de las graficas, se incluye:

- Modelo de pronóstico de riego. El modelo se actualizó y adaptó con el fin de realizar la calibración para los cultivos de Maíz y Cebolla con los datos generados de gastos de agua requerida por los cultivos, en las figuras 7 y 8 se muestra el resultado de una simulación, ver anexo B.
- Modulo de viento. Nos permite presentar en mapas el comportamiento de la dirección y velocidad del viento. Los mapas se muestran para cada estación por día o mes. En la figura 10 se muestra un ejemplo del mapa de viento para la estación de INIFAP, para mayores detalles consultar el anexo A.

Estación: **San Mateo de los Rios, municipio de San Mateo de los Rios**  
 Fecha: 2012-07-08 Hora: 16:00  
 Temperatura: 33.3

Página de inicio    Ubicación de las estaciones    Componentes de una estación    Instituciones participantes    Libro de visitas    Avisos

**MÓDULO DE VIENTOS**

Consulta

Tipo de consulta:  Día  Mes

Estación: INIFAP

Fecha: 2012-07-01

Generar Grafica

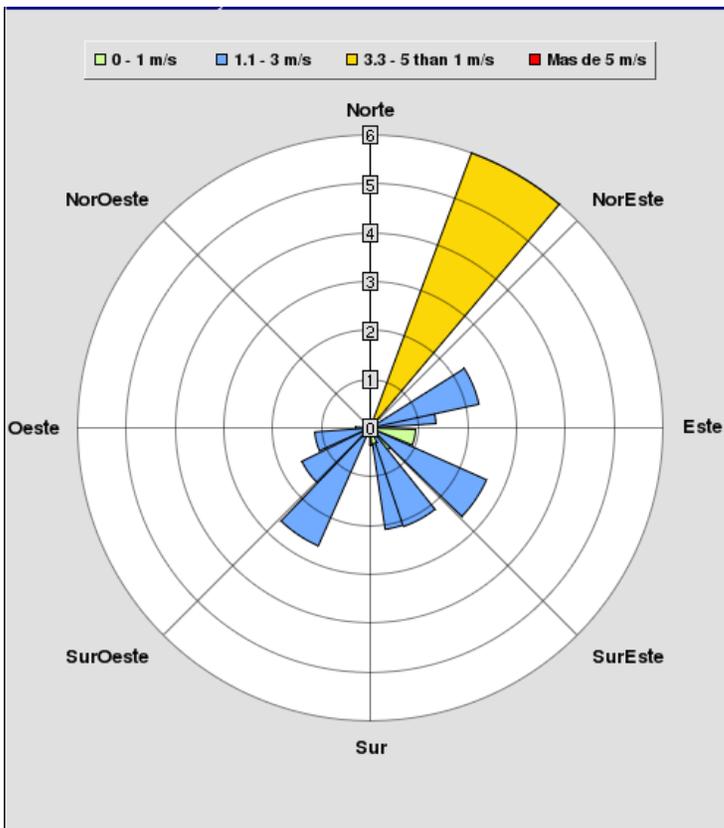
Consulta de Datos

Por día

Ultimos días

Contornos

Por fecha y hora



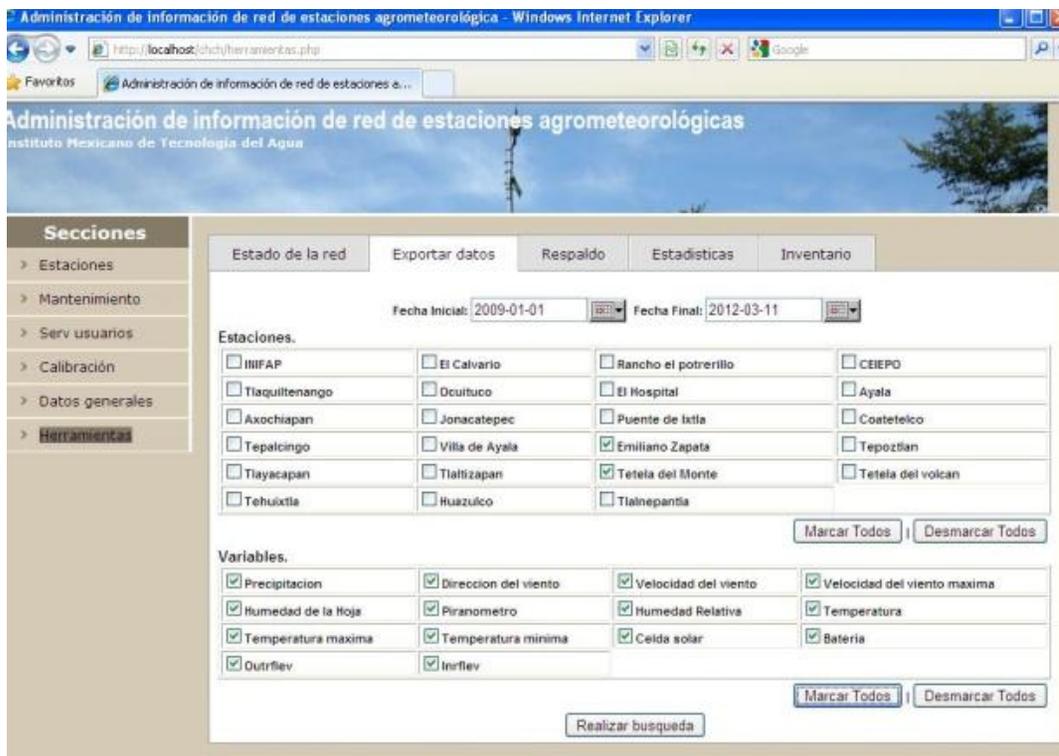
Hora	Dirección Promedio	Velocidad Promedio m/s
0	SE	0
1	SE	0
2	SE	0
3	SO	0.3
4	S	0.03
5	S	0
6	S	0
7	S	0
8	SO	0.05
9	S	0.08
10	SE	0.35
11	SE	0.57
12	SE	2.1
13	SE	2.13
14	E	2.6
15	NE	1.35
16	N	6
17	NE	2.28
18	SO	1.15
19	SO	1.58
20	S	2.65
21	E	0.93
22	E	0
23	SE	0.33

Figura 10. Mapa de viento para la estación INIFAP

- Herramientas administrativas. Se implementaron programas para controlar y administrar la información de sensores, estaciones y red de estaciones, ver la figura 11 para exportar datos y monitorear el funcionamiento de cada sensor en la red.

The screenshot shows a web interface titled "Administración de información de la red de estaciones agrometeorológicas". On the left is a sidebar with "Secciones" including Estaciones, Mantenimiento, Servicios, Calibración, Datos generales, and Herramientas. The main area has tabs for Estación, Sensores, Asignar sensores, Servicio sensores, and Equipo Comunicación. The "Estación" tab is active, displaying a form with the following fields: Clase (dropdown), Nombre (text: "TEPOCTLAN DOS"), Estado (dropdown: "MORELOS"), Municipio (text: "TEPOCTLAN"), Latitud (text), Longitud (text), Altitud (text), and a dropdown for "Resolución" (selected: "Antonio Ortiz Hernández"). There are also date pickers for "Fecha inicio" and "Fecha fin" (both set to "2000-00-00"). Below these are fields for "Tipo de Estación", "Instituto responsable", "Breve", "Contacto", "Correo", and "Teléfono". A "Foto actual" section shows a thumbnail of a tower and a "Subir foto" button. At the bottom are "Guardar estación" and "Cancelar" buttons.

Figura 11. Alta de datos de estación y exportar datos.



## 5.6. Revisión, diagnóstico y mantenimiento de los sensores de cada estación en campo.

Se realizaron dos jornadas de mantenimiento preventivo a las 22 estaciones que consiste en limpieza del recinto y sensores además de cambiar baterías en algunas estaciones.

A continuación se resumen los mantenimientos correctivos ocurridos durante el proyecto.

Cambio de los pluviómetros de las estaciones de Ayala, Tétela de Monte y Tlaquiltenango por no registrar información.

Cambio de los sensores de velocidad del viento de Tlaquiltenango y Tepalcingo, por daños en su sistema eléctrico.

Cambio de sensor de temperatura y humedad relativa de la estación de Ayala. Por registrar temperaturas muy altas.

La estación de INIFAP presento fallas de transmisión de datos ocasionado por un cortocircuito en el radio, se solucionó desconectando el sensor de humedad de la hoja y se reinicia el radio con cambio de baterías. Meses después se presentaron atrasos y pérdida de datos en el envío, se cambio otra vez la batería y la estación esta operando correctamente.

Se cambiaron baterías a las estaciones de INIFAP, Ocuituco, Rancho el Potrerillo, Tlaquiltenango, Tehuixtla, Puente de Ixtla, Ayala, Tepalcingo, Jonacatepec, Huazulco, y los enlaces de Tepoztlan1 y Tepoztlán 2. Ver la foto 3 de cambios de batería y configuración del UTR A731del enlace de Tepoztlán.

Como en otros años en la temporada de lluvias, se presentaron retrasos en la transmisión de los datos debido a problemas de telemetría atribuidos principalmente a fenómenos meteorológicos como son la lluvia, crecimiento de árboles que obstruyen la línea de vista, magnetismo atmosférico, dirección e intensidad de viento, nubosidad, etc.

Mediante el monitoreo de información de las estaciones se observo a finales de Marzo del 2012 que las estaciones iniciaron un atraso en la transmisión de datos a la estación receptora, en abril se tomaron acciones correctivas como fue cambio de baterías a los enlaces de Tepoztlán 1 y Tepoztlán 2 (ver foto 3) y se reconfiguró la base A840 en la trayectoria que siguen los datos para llegar a la receptora, utilizando las estaciones mas cercanas a la receptora como enlaces para las mas alejadas, en mayo se recuperaron todas las estaciones y se regreso a la configuración original del A840.



Foto 3. Cambio de batería y configuración del enlace Tepoztlán 1.

### 5.6.1. Jornadas de mantenimiento

El mantenimiento preventivo se realizó en 2 jornadas, en las cuales se toman fotos antes y después, ver las fotos 4 y 5. La limpieza del terreno se realiza con machete, desbrozadora y en algunos casos se arranca la hierba con las manos. La limpieza de los sensores se realiza con franela y agua. En el anexo C se tienen los informes de las dos jornadas realizadas en septiembre del 2011 y mayo del 2012.



Foto 4. Estación antes del mantenimiento.



Foto 5. Estación después del mantenimiento.

### 25.6.2. Reubicación de la estación de Rancho el Potrerillo.

La estación de **Rancho el Potrerillo** se reubico a solicitud del productor cooperante, para localizar nuevo sitio se solicitó apoyo a la fundación Produce y personal de la Secretaría de Desarrollo Rural, se contacto al señor Alejandro del poblado de Mahuatlán municipio de Amacuzac. Quien autorizo se instalará en los terrenos de su propiedad. Se iniciaron las pruebas de telemetría para localizar el mejor lugar que permitiera tener línea de vista para los enlaces y estaciones cernas. Finalmente se instalo en las siguientes coordenadas N18°. 35 29' 3", O 99° 20' 51.53" como se muestra en la imagen de satélite y fotografía de la nueva ubicación de la estación. Ver fotos 6 y 7.



Foto 6. Ubicación anterior y actual de la estación.

Foto 7. Ubicación actual de la estación.

### 5.6.3. Herramientas, materiales y equipos utilizado en el mantenimiento.

En el mantenimiento preventivo se utilizan herramientas de limpieza de sensores y terreno, en el mantenimiento correctivo se utilizan las herramientas y equipos de revisión, reparación, configuración y respaldo en la tabla 5 se tienen las herramientas y equipos.

Limpeza de sensores	Limpeza del terreno	Revisión y reparación	Configuración y respaldo
Escalera Franela Brocha Agua	Desbrozadora Machete Rastrillo	Desarmadores Llave Allen Pinzas de corte Pinzas electricista Cinchos Silicón	Registrador A510 Laptop Memoria MMC

Tabla 5. Herramientas y equipos utilizados en mantenimiento

### 5.7. Reparación en laboratorio de sensores dañados obtención de datos.

En el laboratorio se realizaron reparaciones:

Pluviómetros de las estaciones de Ayala, Tétela del Monte y Tlaquiltenango. En la estación de Tétela del Monte se cambió plástico dañado (plástico quemado) por uno en buen estado, la tarjeta electrónica y cable no se dañaron se realizaron pruebas de funcionamiento, se conecta el sensor al puerto D del radio (A733) y a través del programa agrilMME en la computadora (conectada al puerto POWER) se muestra la acumulación de lluvia. Ver la foto 8.

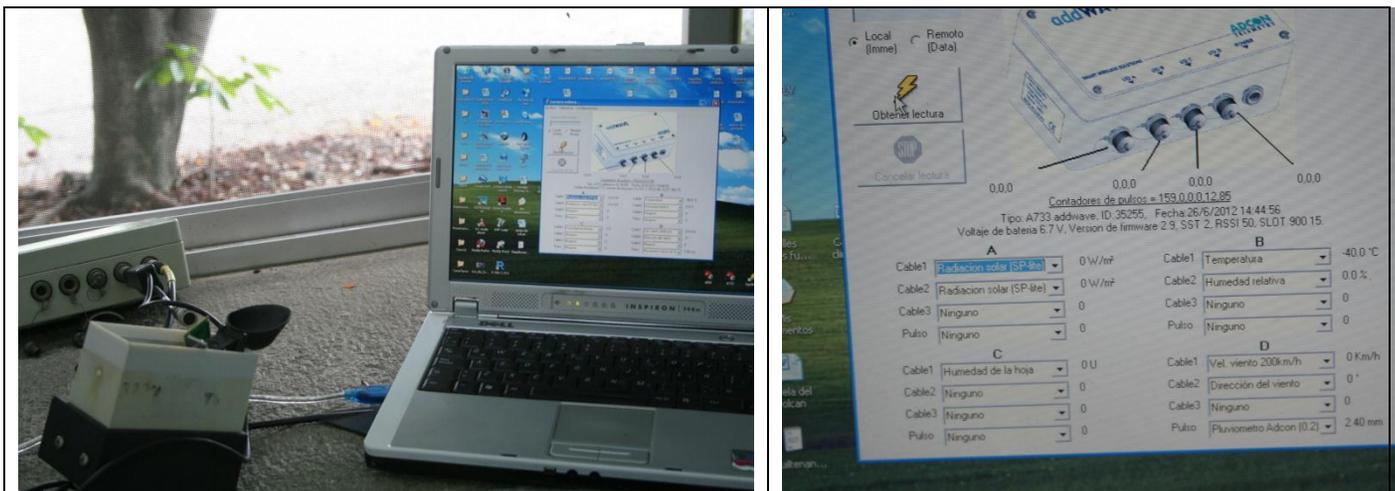


Foto 8. Reparación de pluviómetro.

Se cambio la veleta a los sensores de dirección del viento que remplazaron a los de las estaciones de Tlaquiltenango y Tepalcingo, el procedimiento de cambio de la veleta es colocar la punta de la veleta a 0 grados, ver foto 9.

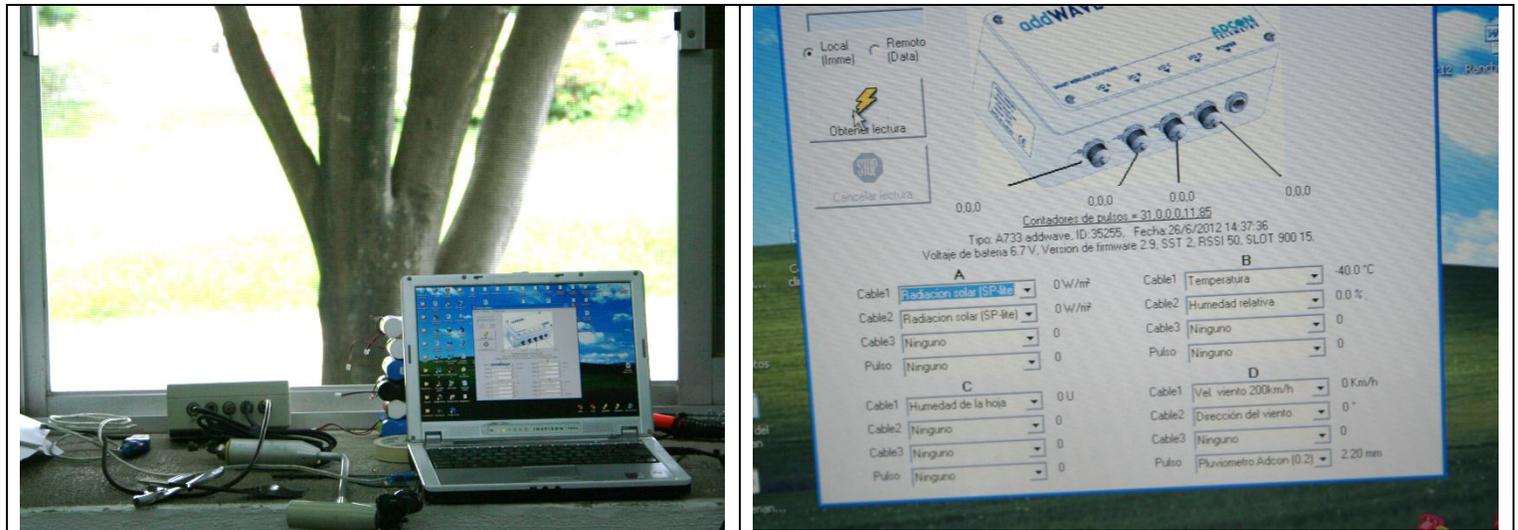


Foto 9.Reparación sensor velocidad del viento

Cambio de sensor de temperatura y humedad relativa a la cubierta protectora del sensor de la estación de Ayala, se realizo la verificación de funcionamiento al conectar este al radio y mediante el despliegado del programa agrilMMe en la computadora se tienen temperaturas correctas comparadas con un sensor nuevo.

### 5.8. Validación de los datos para diagnosticar los sensores que requieran calibración.

El proceso de validación se obtuvo a diario mediante el despliegue de los programas que muestran el atraso y falta de datos de todas las estaciones y el despliegue de los datos mas recientes de las variables medidas de todas las estaciones. Ver la figura 10 que muestra los días de atraso y la falta de datos (-999) y que no llegaron al receptor

En el mes de noviembre del 2011 se realizó la calibración de los sensores de Precipitación, Radiación solar, Temperatura, Humedad Relativa, Velocidad y Dirección del Viento. Esta calibración fue a cargo de la Coordinadora de fundaciones Produce (COFUPRO). Durante este periodo no se obtuvieron datos.

Mozilla Firefox

http://galileo.imta.mx/FUPROMOR/fupromor2.php

RED AGROMETEOROLOGICA DEL ESTADO DE MORELOS

ESTACIÓN	CLAVE	FECHA	HORA	ATRASO EN DÍAS	Precipitación	Viento			Humedad de Hoja	Radiación Solar	Humedad Relativa	Temperatura			Celda Solar	batería	Radiofrecuencia		ERROR(-999)
						Dirección	Velocidad	Velocidad Máxima				Inicial	Máxima	Mínima			Entrada	Salida	
INIPAP	MOR-001	2012-07-08	21:00:00	0	0	18.6	3.6	4.7	-999	0	57	26	26	26	0	6.9	1	1.8	
El Calvario	MOR-002	2012-07-08	20:30:00	0	0	31.3	0	0	2	0	55	26.6	26.8	26.5	0	6.5	8	8	
Rancho el potrero	MOR-003	2012-07-08	21:00:00	0	0	139.3	0	0	-999	0	64	23.7	24.2	23.3	0	6.8	8	8	
CEIPEO	MOR-004	2012-07-08	20:45:00	0	0	232.2	0.6	2.7	10	0	98	10.9	11.2	10.7	0	6.9	8	3.2	
Tlaquiltenango	MOR-005	2012-07-08	20:45:00	0	0	329.5	0	0	-999	0	53	25.6	26.2	25.2	0	6.8	8	8	
Ocuilco	MOR-006	2012-07-08	20:45:00	0	0	100.4	0	0	10	0	66	20.3	20.5	20.1	0	6.9	8	8	
El Hospital	MOR-007	2012-07-08	20:45:00	0	0	5.3	0	0	-999	0	83	20.2	20.3	20.1	0	6.7	1.4	1	
Ayala	MOR-008	2012-07-08	20:45:00	0	0	357.1	1.8	8.4	0	0	65	22.4	22.8	22.2	0	6.8	8	8	
Axochiapan	MOR-009	2012-07-08	21:00:00	0	0	113.9	0	0	0	0	47	25.6	25.9	25.3	0	6.6	8	8	
Jonacatepec	MOR-010	2012-07-08	20:45:00	0	0	102.6	3.7	5.5	0	0	43	24.8	25.1	24.6	0	6.9	1.5	1	
Puente de Ixtla	MOR-011	2012-07-06	12:45:00	2	0	184.5	2.9	8.8	-999	1033.5	42	29.4	29.7	29.1	0	7	8	8	
Coateteleo	MOR-012	2012-07-08	20:45:00	0	0	15.6	12	16.4	0	0	58	25.4	25.9	24.7	0	6.8	8	0.9	
Tepalcingo	MOR-013	2012-07-08	21:00:00	0	0	109.1	3.2	3.5	0	0	49	24.3	24.5	24.1	1	6.2	8	8	ERROR
Emiliano Zapata	MOR-015	2012-07-08	20:45:00	0	0	38.2	5	10	0	0	67	20.9	21.4	20.4	0	6.7	8	8	
Tepoztlán	MOR-016	2012-07-08	20:45:00	0	0	140.7	0.5	1.8	0	0	100	18.4	19	17.8	0	6.7	4	3.5	
Tlayacapan	MOR-017	2012-07-08	20:45:00	0	0	331.2	0	0	-999	0	94	16.9	16.9	16.9	0	6.9	0.9	2.8	
Tlalizapán	MOR-018	2012-07-08	20:45:00	0	0	46.3	5.5	12.1	-999	0	57	24.9	25.1	24.9	0	6.8	2.5	2.8	
Tetela del Monte	MOR-019	2012-07-08	20:45:00	0	0	194.6	1.6	5.1	10	0	100	13.5	13.7	13.2	0	6.9	8	8	
Tetela del volcán	MOR-020	2012-07-08	20:45:00	0	0	203.6	0	24.2	-999	0	72	16.2	16.2	16	0	6.8	2.5	1	
Tehuacán	MOR-021	2012-07-08	20:45:00	0	0	207.5	0	0.2	-999	0	62	25.2	25.3	24.8	0	6.9	2.8	6	

Figura 12. Monitoreo de la operación de la red

## 6. Impacto esperado.

### 6.1. Geográfico

Se continúa con el registro histórico de datos meteorológicos en las principales zonas agrícolas del estado de Morelos. Con este registro histórico será posible realizar una mejor caracterización climática de la región que contribuya al mejoramiento de la práctica agrícola de la entidad.

### 6.2. Sectorial

El clima y el tiempo son variables naturales que pueden afectar o beneficiar a la producción agraria. Su influencia en un cultivo determinado depende de las características de la localidad geográfica y de las condiciones de producción. El objetivo de la red de estaciones agrometeorológicas es incrementar la capacidad del sector agrario para comprender y responder a la variabilidad del clima y el tiempo, con el fin de reducir la incertidumbre de los agricultores ante decisiones afectadas por factores meteorológicos de la región.

### **6.3. Económico**

La inversión económica realizada en la tecnología ayuda a obtener información mas confiable que es utilizada por los modelos matemáticos que generan pronósticos del estado del tiempo mas precisos, con los cuales nos permite planear cada etapa del proceso de producción (siembra, riego, cosechas, trabajos requeridos por los cultivos) agroalimentaría y evitar la pérdida de cosechas y en consecuencia se incrementa la competitividad y sustentabilidad de las cadenas agroalimentarias y agroindustriales, propiciando que la sociedad en general, reconozca la importancia de la generación y transferencia de tecnología en el desarrollo regional.

### **6.4. Social**

Con los registros climáticos obtenidos por la red se logra ofrecer a los productores agropecuarios información meteorológica en tiempo real, aplicada a los procesos de producción y protección ante clima adverso, a la población civil se ofrece la información al instante para prepararse en caso de condiciones climatológicas peligrosas con el fin de tomar medidas de prevención ante el riesgo de la pérdida de vidas humanas en casos extremos.

### **6.5. Ambiental**

Según PNUD (1991), es cierto que el aumento de la producción alimentaría en los países en desarrollo se ha convertido en una necesidad desde mediados del decenio de 1980; y es preciso lograr que la misma se haga bajo los principios de sostenibilidad. El reto con que se enfrentan hoy los agricultores es, por lo tanto, encontrar un equilibrio entre impulsar la producción agropecuaria para alimentar a las poblaciones en expansión y adoptar métodos agrícolas ambientalmente sostenibles que no agoten los recursos naturales necesarios para las décadas futuras de la Agricultura.

Se hace necesario, conociendo los impactos que la agricultura ha realizado sobre el suelo y otros recursos de la naturaleza y la importancia que tiene la misma para el alimento de las presentes y futuras generaciones, realizar estudios que permitan orientar la actividad agrícola sin comprometer el entorno.

## 7. Productos, resultados y discusión.

### 7.1. Productos

- Una red compuesta por 22 estaciones agroclimatológicas automáticas validadas, operando y transmitiendo los datos a tiempo real con registros cada 15 minutos de las variables de Temperatura, Precipitación, Humedad relativa, Humedad de hoja foliar, Velocidad y dirección del viento.
- El sistema informático automatizado para la recepción, almacenamiento, organización, exportación y difusión de los datos.
- Portal Web para la consulta de la información meteorológica a tiempo real.
- Reprogramación y adecuación del modelo de pronóstico de riego para la calibración con los cultivos de Maíz y Cebolla.
- Modulo de mapas de Viento por estación.

### 7.2. Resultados

- Operación de la red de estaciones con una eficiencia de más del 89%, mediante el mantenimiento preventivo y correctivo en campo.
- Se mantiene la obtención de datos meteorológicos de cada una de las estaciones agroclimatológicas a cada 15 minutos.
- Actualización del portal de Internet para la difusión de datos mediante las consultas alfanumérica y gráfica y la generación de reportes formateados para consulta impresa.
- Supervisión, operación y mantenimiento del equipo informático involucrado en los procesos de recepción, almacenamiento, difusión y respaldo de los datos.
- La estación de Rancho el Potrerillo se cambio a las coordenadas N18°. 35 29' 3", O 99° 20' 51.53". propiedad del ser Alejandro del poblado de Mahuatlán municipio de Amacuzac.
- Cambio de los pluviómetros de las estaciones de Ayala, Tétela del Monte, Tlaquiltenango. Cambio del sensor temperatura y humedad relativa de la

estación de Ayala. Cambio del sensor de viento de la estación de Tlaquiltenango.

- Se realizaron dos jornadas de mantenimiento a todas las estaciones.
- Reprogramación del modelo de Pronóstico de viento para su calibración para Maíz y Cebolla.
- Modulo de mapas de viento por estación.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

Se concluye el proyecto, con 22 estaciones agroclimatológicas operando correctamente. Este proyecto multidisciplinario e interinstitucional, nos da la oportunidad de un mejor conocimiento de las condiciones meteorológicas y climatológicas de la región, con lo cual es posible incrementar la capacidad del sector agrario para comprender y responder al tiempo y clima, con el fin de reducir la incertidumbre de los agricultores ante decisiones afectadas por factores meteorológicos de la región.

En la medida que esta información esté disponible y sea confiable, la planificación, ejecución y operación de los proyectos responderán en mayor forma a las necesidades reales de la región, ofreciendo a los productores agropecuarios información meteorológica en tiempo real aplicada a los procesos de producción ante clima adverso.

En cuanto al equipo instalado es necesario considerar el cambio de los sensores de viento y pluviómetros construidos con partes de plástico. Los sensores de Temperatura, Humedad Relativa y Radiación solar instalados en el 2006 están por llegar a su vida útil por lo que se requiere planear su reemplazo.

## **9.- Bibliografía.**

1. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos “Evapotranspiración del Cultivo”- FAO 2006
2. Measurement of Meteorological Variables- Part 1 WMO, 2009
3. Observing Systems- Part 2 WMO, 2009

4. Quality Assurance and Management of Observing Systems Part 3, WMO, 2009.
5. Villalpando, J; Ruiz, A. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México. 133 p.

### **Paginas Web**

1. [http://www.adcon.at/english/produkte\\_wireless\\_sensor\\_networks\\_en.html](http://www.adcon.at/english/produkte_wireless_sensor_networks_en.html)
2. <http://www.monografias.com/trabajos17/impacto-ambiental/impacto-ambiental.shtml>
3. <http://www.agroson.org.mx>
4. <http://www.sica.gov.ec/agro/docs/reqhidricos.htm>
5. <http://www.fundacionguanajuato.com/CGIBIN/Clima/docvar.htm>

## 10. Anexos. Listado de anexos incluidos en el CD

Con el presente informe se incluye un CD que incluye los siguientes anexos:

<b>Anexo</b>	<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
<b>A</b>	Reporte de seguimiento de cultivos y modulo de Viento.	Reporte de seguimiento de riego de los cultivos de Maíz y Cebolla y desarrollo del modulo de Viento.
<b>B</b>	Manual de uso del sistema de Pronóstico de Riego.	Describe la metodología empleada y las tablas utilizadas para los cálculos.
<b>C</b>	Reportes de mantenimiento.	Reportes de dos jornadas de mantenimiento por estación.
<b>D</b>	Datos.	Base de datos completa (2006-2011) en formato CSV (separado por comas) por año y por estación.