



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol



ESTACIONES SOLARIMÉTRICAS
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO

Red Solarimétrica Mexicana de CEMIE-Sol

Servicio Solarimétrico Mexicano
Instituto de Geofísica
Febrero de 2019



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

Contenido

1. Introducción	3
2. Lineamientos Generales.....	3
3. Acciones Generales de Mantenimiento.	3
4. Acciones Específicas de Mantenimiento.	4
5. Acciones Generales de Verificación de Funcionamiento de Equipos.	6
6. Calibración de radiómetros de la estación.....	7
7. Comentarios Finales	8
ANEXO A.....	9
ANEXO B.....	12



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

1. Introducción

El presente protocolo de mantenimiento tiene como propósito general establecer los criterios y acciones generales y específicas que garanticen la operación permanente en condiciones óptimas, para que las estaciones solarimétricas que conforman la Red Solarimétrica Mexicana (RESOLMEX), instaladas a través del Centro Mexicano de Energía Solar (CEMIE-Sol), para que generen información confiable, homogénea, completa y de calidad.

2. Lineamientos Generales

En este documento se establecen las acciones generales y específicas para el mantenimiento y verificación del funcionamiento de los equipos instalados en las distintas estaciones de la Red Solarimétrica Mexicana. La observación del presente protocolo es de carácter obligatorio, y debe ser ejecutado por los responsables de cada estación, o por el personal debidamente capacitado para tal efecto, y será coordinado y supervisado por el Responsable de la Red Solarimétrica Mexicana. Se deben realizar las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo que garanticen la adecuada operación de cada uno de los equipos de medición y de adquisición de datos instalados en las distintas estaciones, así como el llenado de los formatos de mantenimiento y verificación de funcionamiento establecidos con tal propósito (Anexo B); debiendo realizar las consultas y envío de informes correspondientes al Responsable Nacional. Se debe contar siempre con una bitácora de la estación, en la que se deberá llevar un registro puntual sobre todas las actividades, procedimientos, acciones, eventualidades y personas que intervinieron en todos los aspectos relacionados con la estación solarimétrica. La información mínima que debe ser registrada en la bitácora deberá contener los siguientes elementos: Fecha y hora, descripción específica, personas involucradas e identificación de quien reporta, entre otros aspectos que se consideren pertinentes.

3. Acciones Generales de Mantenimiento.

3.1 Seguridad

El primer elemento de revisión es una inspección general, observando que los accesos, las cerraduras y la estación en general no muestren algún signo de violación o vandalismo, es decir, verificar que la estación en general se encuentre en las mismas condiciones que la visita previa. En caso contrario, tomar nota y realizar los reportes sobre los hallazgos correspondientes.



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

3.2 Cableado

Siempre que se realiza una visita a la estación deberá hacerse una revisión visual del cableado de los distintos instrumentos, verificando que todos estén conectados, que estén debidamente sujetos, y en caso necesario, realizar el reemplazo y/o reposición de sujetadores y cinchos para mantenerlos en el lugar correcto. Se deberá evitar que haya una carga excesiva, por el peso de cables, sobre los conectores.

3.3 Limpieza de domos o cubiertas de sensores

La limpieza de domos o cubiertas de sensores debe ser realizada diariamente (recomendado) o cuando mucho cada tercer día, preferentemente antes de la salida del sol. Se deberá retirar el polvo con una “brocha suave”, seguido de la limpieza con un “pañó suave” húmedo. Ocasionalmente se requerirá de un procedimiento de lavado con agua destilada.

3.4 Nivelación de instrumentos

La revisión de la nivelación de los instrumentos deberá realizarse diariamente, y el ajuste deberá realizarse cuando sea requerido, es decir cuando la burbuja toque o esté fuera del círculo marcado en el instrumento.

3.5 Cambio de desecante

Cada que se realice una revisión periódica de los instrumentos, deberá revisarse visualmente el estado del material desecante. Una buena y aceptable capacidad de absorción de agua del desecante es indicada por su color naranja, si éste es blanco, el desecante deberá ser reemplazado de inmediato. La duración habitual del desecante es del orden de ser seis meses. El procedimiento específico de reemplazo de desecante deberá ser consultado en las fichas técnicas de cada instrumento.

4. Acciones Específicas de Mantenimiento.

4.1 Alineación de pirheliómetro.

Se debe verificar el estado de funcionamiento del seguidor automático Solys 2, primero verificar de manera visual su alineación, comprobando que esté apuntando en la dirección instantánea del sol. En seguida se debe verificar, y corregir en su caso, la nivelación del seguidor. Finalmente, para verificar el estado de operación del seguidor, los LEDs de éste deben estar como sigue: Power/Temperature – verde intermitente, y Status – verde, ubicados en la parte posterior del mismo. El procedimiento de alineación del pirheliómetro se realiza de manera continua y automáticamente en los sensores montados en los seguidores Solys 2; sin embargo, se requiere que en cada visita a la estación, se verifique de manera visual la alineación. En caso necesario, realizar el ajuste de la alineación mediante los tornillos de ajuste disponibles para tal efecto. Cabe señalar que tanto la verificación y el ajuste requiere de la existencia de radiación solar directa, no se puede realizar bajo condiciones de cielo nublado.

4.2 Ajuste de sombras

Los equipos de medición de las distintas componentes de la radiación difusa, así como de la radiación de IR atmosférica, requieren del sombreado permanente, por lo que en cada visita a la estación se deberá verificar el sombreado adecuado; en caso necesario, realizar el ajuste al sombreado desplazando los elementos sombreadores a la posición correcta; este procedimiento se debe realizar sólo bajo existencia de radiación



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

solar directa. Eventualmente se requerirá realizar procedimientos de limpieza y repintado de los elementos sombreadores. Dichos procedimientos deberán ser llevados a cabo bajo la condición de ausencia de radiación solar, para evitar interferir con la lectura de los instrumentos de medición. Se debe tener especial cuidado de proteger los instrumentos de medición, para evitar que les caiga pintura polvo o residuos derivados de estos procedimientos.

4.3 Limpieza de pluviómetro

Es común la acumulación de polvo, y otros elementos incluido excremento de pájaros en la copa del pluviómetro. Se debe verificar la ausencia de suciedad, de manera permanente, en cada visita de supervisión, y en caso necesario, realizar la correspondiente limpieza. Poner especial cuidado de no interferir con la medición del equipo por el empleo de agua (no recomendada) para la limpieza.

4.4 Limpieza de panel solar

Es común la acumulación de polvo y heces de aves sobre el panel solar, por lo que en cada visita de mantenimiento, se deberá limpiar el panel FV mediante una brocha suave, y en caso necesario, mediante el uso de una tela húmeda.

4.5 Sistema de adquisición de datos

El sistema de adquisición de datos es de vital importancia para adquirir, almacenar y transmitir la información del conjunto de sensores, por lo que debe ser parte importante del procedimiento de mantenimiento y verificación de actividad permanente. El procedimiento incluye la verificación auditiva (sonido característico del adquirente de datos) y visual: a) de conexión adecuada de todos los equipos y sistemas de alimentación de corriente, b) el LED del controlador / regulador de corriente CH6 debe estar en rojo, indicando carga normal, c) el LED del dispositivo de memoria de Status – sin color, y d) los LEDs de transmisión de datos Act – verde intermitente y Link – verde; todos ellos del dispositivo NL115 Ethernet/Compact Flash.

4.6 Torre meteorológica

Se debe revisar en cada visita el estado general de la torre, la verticalidad y orientación de la misma, la tensión de las retenidas así como el cableado. En caso necesario, aplicar las medidas correctivas requeridas.

4.7 Plataforma de la estación

Deberán realizarse inspecciones periódicas a las condiciones generales de la estación, para detectar anomalías e implementar las acciones para restaurarlas a la mayor brevedad posible. Es importante vigilar la pintura de todos los elementos, principalmente de los metálicos para evitar su oxidación. Programar el repintado de la plataforma y los elementos que lo ameriten, al menor indicio de oxidación. Verificar siempre que no haya elementos intrusivos de cualquier tipo, para asegurar el libre y fácil acceso y tránsito; incrementando con ello la seguridad de usuarios y visitantes de la plataforma.



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

5. Acciones Generales de Verificación de Funcionamiento de Equipos.

5.1 Verificación en pantalla del adquisidor de datos

Es importante en cada visita de supervisión se realice una inspección del estado general del adquisidor directamente en la pantalla del mismo, verificando que el equipo esté activo, que no haya mensajes de error, con los LEDs encendidos y en su color correspondiente, y que los valores de las señales de los equipos instalados esté de acuerdo a las condiciones de radiación del momento de la inspección.

5.2 Verificación remota

La operación y funcionamiento de los equipos puede ser monitoreada cada vez que se deseé de manera remota, mediante la instalación en un celular del programa LoggerLink. Se recomienda a los responsables de cada estación tengan instalado este programa y lo usen de manera aleatoria y con la mayor frecuencia posible para verificar de manera remota que la estación y sus equipos estén funcionando y reportando información congruente. En caso de detectar anomalías, proceder con las acciones necesarias para corregirlas.

5.3 Descarga de información

La información almacenada en el adquisidor de datos debe ser resguardada de manera segura, en por lo menos dos sistemas de almacenamiento (PCs) y con la mayor frecuencia posible, tanto en la institución en la que se encuentra cada estación, como en el Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM. Es deseable que el programa LoggerNet se encuentre corriendo de manera permanente, para que esté descargando y actualizando el archivo de datos almacenado en el adquisidor de datos, y que por lo menos una vez por semana se verifique que la actualización se ha estado realizando; verificada la actualización, se debe copiar dicho archivo y guardarlo en una carpeta especial, dedicada sólo a este propósito, renombrándolo de manera que el nombre indique la fecha de actualización, o mejor aún, el intervalo temporal de la información que contiene. Los procedimientos anteriores aseguran que en caso de algún problema con alguno de los archivos, la eventual pérdida de información sería la mínima posible; además permitiría completar la información en alguna de las partes, la institución en la que se encuentra la estación o en el cuartel general de la RESOLMEX.

5.4 Verificación preliminar en PC

Como un procedimiento de verificación de existencia y congruencia de la información adquirida en cada estación, se debe realizar, con la mayor frecuencia posible, recomendado que sea a diario, análisis preliminar de la información, a través del graficado de la información de las distintas componentes de la radiación solar y climatológicas, verificando en todo momento que dichos gráficos acusen congruencia en tendencias y valores. En caso de detectar alguna anomalía, realizar las acciones y consultas correspondientes para corregir de inmediato la anomalía detectada.



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

6. Calibración de radiómetros de la estación

Para la calibración de los instrumentos de la Red Solarimétrica Mexicana (RSM), se siguen los procedimientos establecidos por las normas ISO correspondientes a la calibración de radiómetros solares:

- ISO9846 para la calibración de piranómetros usando un pirheliómetro de referencia
- ISO9847 para la calibración de un piranómetro usando un piranómetro de referencia
- ISO9056 para la calibración de pirheliómetros usando un pirheliómetro de referencia

Los sensores de referencia (pirheliómetros y piranómetros) se calibran cada años durante las campañas nacionales de calibración organizadas por el Servicio Solarimétrico Mexicano (SSM). En dichas campañas, las mediciones de los radiómetros de referencia se comparan contra las mediciones de un pirheliómetro de cavidad el cual funciona como patrón para la medición de la irradiancia solar directa. El pirheliómetro de cavidad utilizado, pertenece al Observatorio de Radiación Solar (ORS) del SSM, y consiste es un radiómetro marca Eppley modelo AHF con número de serie 29223. Dicho radiómetro es el instrumento patrón del ORS, el cual es considerado Centro Regional para la Medición de la Radiación Solar (AR-IV para Norteamérica y el Caribe) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). El pirheliómetro AHF29223, ha asistido durante los últimos 30 años, a las comparaciones internacionales de pirheliómetros de cavidad que se organizan cada 5 años en el Centro Mundial de Radiación (WRC por sus siglas en inglés), en la ciudad de Davos, Suiza. Durante estas comparaciones las medidas de cada radiómetro de cavidad son comparadas contra el grupo mundial de referencia, que define la escala radiométrica de la OMM. Adicionalmente el radiómetro AHF29223 ha asistido a las intercomparaciones organizadas por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL por sus siglas en inglés) de 2016 y de 2018, las cuales tiene como objetivo verificar la estabilidad de los factores de medición usados por los radiómetros de cavidad.

6.1 Campañas Nacionales de Calibración

Durante las campañas nacionales de calibración, el pirheliómetro de referencia, usado como patrón secundario (marca Kipp&Zone modelo CH1), se calibra directamente contra el radiómetro AHF29223, de acuerdo a la norma ISO9056. Los piranómetros de referencia, consisten en 3 radiómetros modelo Kipp&Zone® modelo CMP22, los cuáles por sus características pueden ser considerados patrones secundarios de acuerdo a los criterios de la OMM, y se calibran mediante el método Sol-Sombra que se describe en la norma ISO9846. Las campañas Nacionales de calibración, se realizan durante los meses de marzo y abril, por ser esta una temporada de poca nubosidad, y se seleccionan sitios de poca contaminación, donde la atmósfera sea mayormente despejada. Los periodos de medición suelen durar desde un mínimo de 3 días hasta un máximo de 1 semana, cumpliendo con los requerimientos para validar una calibración y que están contemplados en los criterios establecidos para las Comparaciones internacionales del WRC.

6.2 Calibración en Sitio

La calibración de los sensores de las estaciones de la RSM, está contemplada mediante el uso de los radiómetros de referencia calibrados durante las campañas Nacionales. Los radiómetros de referencia, deben ser enviados al sitio de cada estación como mínimo, 1 vez cada 2 años. Los responsables de estación siguen un protocolo de calibración en sitio que se detalla en el anexo B.



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

7. Comentarios Finales

Para el mantenimiento anual de la estación, se debe contemplar el retirar todos los instrumentos de la plataforma de observación y someterla a una rigurosa revisión, de preferencia debe de volver a pintarse. Para la re-instalación de los equipos, se debe de revisar minuciosamente todo el cableado y los conectores, con la finalidad de evitar que la cubierta de los cables este fracturada o rota, y los conectores no presenten oxidación o alguna falla.

La calibración de los piranómetros y pirheliómetros se realiza de acuerdo al protocolo establecido en RESOLMEX, cumpliendo con la normatividad internacional (ISO 9058, ISO 9846 e ISO 9847).

Los lineamientos, acciones y recomendaciones establecidas en el presente protocolo de mantenimiento, son de observación obligatoria para el conjunto de estaciones de la RESOLMEX. Son un elemento auxiliar que busca la homogeneización del mantenimiento, para garantizar la calidad en la información que se obtiene de cada una, y su observación y aplicación deberá realizarse de manera paralela al llenado de los formatos de mantenimiento diario y semanal enviado por el responsable de la RESOLMEX.

Cualquier duda, sugerencia, comentario o aportación deberá ser planteada y enviada directamente al Responsable de la Red Solarimétrica Mexicana del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol



ANEXO A

Formatos de registro de Mantenimiento de las estaciones

Red Solarimétrica Mexicana



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

Estación Solarimétrica
Registro de mantenimiento semanal

Estación _____

Tiempo Local (HH:MM) _____:

Fecha (DD/MM/AAAA) ____/____/____

Revisado por: _____

Condición de cielo	
Seguridad	
Torres y retenidas	
Panel fotovoltaico	
Sistema de adquisición CR3000	
Condición	
LED Interfaz de memoria NL115	
Errores de programa	
Voltaje en la batería	V
Seguidor solar Solys 2	
Condición	
Nivel/Sombrado	/
Led de estado/Led de temperatura	
Radiación directa CHP1	
Ventana /Alineación	/
Cable/Desecante	/
Valor instantáneo (DNI_Avg)	W/m ²
Radiación difusa CMP11	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (DIFFHORZ_Avg)	W/m ²
Radiación global CMP11	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (GLOBHORZ_Avg)	W/m ²
Radiación plano inclinado CMP11	
Domo/Desecante	/
Valor instantáneo (GLOBTT_Avg)	W/m ²
Radiación onda larga atmósfera CGR4	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (DWIR_Avg)	W/m ²
Radiación onda larga superficie CGR4	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (UWIR_Avg)	W/m ²
Radiación reflejada CMP11	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (UPSW_Avg)	W/m ²

Radiación plano vertical norte CMP11	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (NORTH_Avg)	W/m ²
Radiación plano vertical este CMP11	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (EAST_Avg)	W/m ²
Radiación plano vertical sur CMP11	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo (SOUTH_Avg)	W/m ²
Radiación plano vertical oeste CMP11	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Valor instantáneo	W/m ²
Radiación UV 501A	
Domo/Nivel/Desecante	/ /
Voltaje fuente externa	V
Valor instantáneo (WEST_Avg)	Med/h
Illuminancia global LI-210	
Domo/Nivel	/
Valor instantáneo (GHILLUM_Avg)	klux
Illuminancia difusa LI-210	
Domo/Nivel	/
Valor instantáneo (DHILLUM_Avg)	klux
Radiación PAR Quantum PQS 1	
Domo/Nivel	/
Valor instantáneo (PAR_Avg)	μmol/m ² s
Prueba de Temperatura y humedad HC2S3	
Condición	
Valor instantáneo temperatura	°C
Valor instantáneo HR (RH_Avg)	%
Sensor viento WindSonic4 SDI-12	
Condición	
Valor instantáneo (WS_ms_Mean)	m/s
Valor instantáneo (Wdir_Mean)	°
Pluviómetro TE525MM	
Condición	
Valor instantáneo (PPT_Accum)	mm

Observaciones



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

Estación Solarimétrica
Registro de mantenimiento diario

Estación _____

Fecha(DD/MM/AAAA)	__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__
Tiempo Local (HH:MM)	__:__	__:__	__:__	__:__
Revisado por:				
Seguidor solar Solys 2				
Condición				
Nivel/Sombreado	/	/	/	/
Radiación global CMP11				
Domo/Nivel	/ /	/ /	/ /	/ /
Radiación difusa CMP11				
Domo/Nivel	/ /	/ /	/ /	/ /
Radiación plano inclinado CMP11				
Domo				
Radiación directa CHP1				
Ventana /Alineación	/	/	/	/
Radiación onda larga atmósfera CGR4				
Domo/Nivel	/ /	/ /	/ /	/ /
Radiación onda larga superficie CGR4				
Domo/Nivel	/ /	/ /	/ /	/ /
Radiación reflejada CMP11				
Domo/Nivel	/ /	/ /	/ /	/ /
Radiación plano vertical norte CMP11				
Domo/Nivel	/	/	/	/
Radiación plano vertical norte CMP11 (Domo)				
Radiación plano vertical este CMP11 (Domo)				
Radiación plano vertical sur CMP11(Domo)				
Radiación plano vertical oeste CMP11(Domo)				
Radiación UV 501A				
Domo/Nivel	/	/	/	/
Iluminancia global				
Domo/Nivel	/	/	/	/
Iluminancia difusa				
Domo/Nivel	/	/	/	/
Radiación PAR				
Domo/Nivel	/	/	/	/



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol



ANEXO B

Protocolo de Calibración en Sitio
Red Solarimétrica Mexicana



Red Solarimétrica Mexicana
Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar
CEMIE-Sol

Proceso de calibración pirómetros y pirheliómetros
RESOLMEX

1. Del Observatorio de Radiación Solar (ORS) se envían 2 sensores de referencia para la realizar la calibración de los sensores de la estación.
 - a. Piranómetro CMP22.
 - b. Pirheliómetro CHP1
2. Al recibir los equipos, revisar que los equipos estén en buenas condiciones y que cuenten con sus respectivos cables.
3. Respalidar la información de la tarjeta de memoria en la computadora asignada a la estación.
4. Insertar la tarjeta de memoria al adquisidor.
5. Una vez completados los 4 pasos anteriores informar al ORS para iniciar la actualización del programa de adquisición para generar la tabla de voltajes.
6. Retirar la sombra del sensor de radiación difusa.
7. Colocar en forma horizontal los siguientes sensores:
 - a. Plano inclinado a la latitud del lugar.
 - b. Planos verticales (norte, sur, este, oeste). Actualmente estos sensores no se encuentran instalados, por lo que es necesario identificarlos y conectarlos al multiplexor del sistema de adquisición de acuerdo a la siguiente tabla:

Instrumento	Parámetro	Cable rojo	Cable azul
Piranómetro CMP11	Vertical norte	Diff 8 H	Diff 8 L
Piranómetro CMP11	Vertical este	Diff 9 H	Diff 9 L
Piranómetro CMP11	Vertical sur	Diff 10 H	Diff 10 L
Piranómetro CMP11	Vertical oeste	Diff 11 H	Diff 11 L

- c. Albedo.
8. Nivelar todos los instrumentos.
9. Instalar el pirheliómetro de referencia en el seguidor solar, en el lado opuesto del pirheliómetro de la estación.
10. Revisar la alineación de ambos pirheliómetros y/o ajustar la alineación.
11. Conectar el pirheliómetro de referencia en el **Canal 17** del Multiplexor del sistema de adquisición de datos.
 - Cable Rojo H
 - Cable azul L
12. Instalar el piranómetro de referencia en posición horizontal.
13. Conectar el piranómetro de referencia en el **Canal 18** del Multiplexor del sistema de adquisición de datos.
 - Cable Rojo H
 - Cable azul L
14. Verificar el registro de datos en la tabla Calibra desde la consola *Connect* del programa *Logger Net*.
15. Revisar diariamente la nivelación y la alineación de los sensores.
16. Limpiar diariamente los domos y ventanas de los instrumentos en la estación.
17. Medir durante 4 días.
18. Descarga de la tabla Calibra del adquisidor de datos (Tarea del ORS).
19. Solicitar la verificación de que las mediciones son válidas para calibración (Tarea del ORS).
20. Si las mediciones son válidas, el ORS informará que el proceso de calibración ha concluido.
21. Colocar la sombra en el sensor de radiación difusa.
22. Colocar en su posición de medición los sensores:
 - a. Plano inclinado a la latitud del lugar.
 - b. Planos verticales (norte, sur, este, oeste).
 - c. Albedo.
23. Desconectar los sensores de referencia y poner en corto circuito los canales 17 y 18 del multiplexor.
24. Almacenar los sensores de referencia con su respectivo cable.
25. Enviar los sensores de referencia a la estación indicada por el ORS.