

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



**Informe de trabajo profesional:**

**La Red Meteorológica (REDMET) y telemetría del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de México (SIMAT)**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

PRESENTA:

**JOSE LONCHES BOLAÑOS**

**DIRECTOR:**

**M. I. LUIS ARTURO HARO RUIZ**



CIUDAD UNIVERSITARIA A 22 DE MARZO 2015, MÉXICO D.F.

# ÍNDICE

	PAGINA
Titulo - - - - -	-2
Objetivo - - - - -	-2
Introducción - - - - -	-2

## CAPITULO I

1.- Antecedentes - - - - -	3
1.1.- Justificación - - - - -	4
1.2.- El SIMAT y sus redes de monitoreo ambiental - - - - -	4
1.3.- Estructura operativa - - - - -	7

## CAPITULO II

2.- El adquirente de datos y la instrumentación de variables meteorológicas en las estaciones de monitoreo atmosférico que integran la RAMA y la REDMET - - - - -	8
2.1.- El CPP (del inglés Communications Protocol Processor) como adquirente de datos - - - - -	21
2.1.1.- Características del CPP de H2NS - - - - -	21
2.1.2.- Configuración general del CPP para una estación completa de monitoreo atmosférico y variables meteorológicas - - - - -	23
2.2.- Control de calidad - - - - -	31
2.2.1.- La Organización Meteorológica Mundial (del inglés World Meteorological Organization, WMO), la Agencia de Protección Ambiental (del inglés Environmental Protection Agency, EPA) y la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA)- - - - -	31
2.3.- Equipos de calibración para los sensores meteorológicos - - - - -	31
2.3.1.- Método de la calibración del sensor de temperatura ambiente - - - - -	33
2.3.2.- Método de la calibración del sensor de humedad relativa - - - - -	36
2.3.3.- Método de la calibración del sensor de velocidad de viento - - - - -	38
2.3.4.- Método de la calibración del sensor de dirección de viento - - - - -	41
2.4.- Método de la calibración de los sensores de radiación solar - - - - -	43
2.5.- Método de la calibración del multi-sensor ultrasónico - - - - -	46
2.6.- Método de la calibración de los puertos analógicos del sistema de adquisición de datos, CPP - - - - -	46

## CAPITULO III

3.- Resultados - - - - -	48
3.1.- Conclusiones - - - - -	48
3.2.- Referencias - - - - -	49
3.3.- Glosario - - - - -	49
3.4.- Apéndices - - - - -	66





# Prólogo

En el presente reporte se realiza la descripción cualitativa y técnica del trabajo profesional que desempeño en “La Red Meteorológica (REDMET), el sistema adquisición de datos y de comunicaciones electrónicas (telemetría) en las estaciones de monitoreo atmosférico del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de México (SIMAT)”, haciendo énfasis en la instrumentación meteorológica, los sistemas de comunicaciones electrónicas y el sistema de adquisición de datos para la transmisión de datos de las estaciones de monitoreo ambiental a el centro de cómputo, ya que es en esta área en donde he tenido una participación profesional activa.

Una estación de monitoreo ambiental es un sistema conformado por un conjunto de equipos electrónicos destinados a la medición de contaminantes (gases y partículas suspendidas) inmersos en el aire y variables meteorológicas.

**Título:** La Red Meteorológica (REDMET) y telemetría del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de México (SIMAT).

**Objetivo:** Garantizar la operación y correcto funcionamiento de la REDMET, el sistema de adquisición de datos y de comunicaciones electrónicas (telemetría) de las estaciones de monitoreo atmosférico que integran el SIMAT.

## Introducción.

El deterioro de la calidad del aire por la presencia de sustancias contaminantes tiene un efecto negativo en la salud humana y el medio ambiente. Diversos estudios realizados en la Ciudad de México y otras ciudades alrededor del mundo, han demostrado que existe una relación entre el incremento en la concentración de los contaminantes del aire y el aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Algunos contaminantes como las partículas suspendidas están asociados además con el aumento en las visitas a salas de urgencia y la mortalidad.

La vulnerabilidad de la población a la contaminación atmosférica está estrechamente asociada a las condiciones naturales de la Cuenca de México, al desarrollo industrial mezclado con el desarrollo urbano y al estilo de vida adoptado. El deterioro ambiental está vinculado con el desequilibrio de sus ecosistemas y con el estado de salud y de bienestar de la población.

Una manera de proteger la salud de la población es a través del monitoreo y la difusión continuos del estado de la calidad del aire.

El SIMAT es el sistema de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SEDEMA-GDF) empleado para la vigilancia y el monitoreo de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

Las estaciones miden y transmiten datos en tiempo real (telemetría) minuto a minuto y cada hora, cada estación cuenta con un adquisidor de datos y sus propio sistema de comunicaciones por línea telefónica e internet vía modem. La información generada por cada estación llega a un centro de cómputo donde las bases de datos son manipuladas para el cálculo de pronósticos meteorológicos, el índice ultravioleta (IUV) y el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). En la actualidad el SIMAT está integrado por la Red Automática de Monitoreo atmosférico (RAMA) que cuenta con 30 estaciones; la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA) que cuenta con 14 estaciones; la Red de Deposito Atmosférico (REDDA) que tiene 16 sitios de muestreo y la Red Meteorológica y radiación solar que opera con 20 torres meteorológicas.

El SIMAT se complementa con un Laboratorio Móvil de Monitoreo Atmosférico (LMMA), un Laboratorio de Estándares (LE), un Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA) y un Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA).

# Capítulo 1

## 1.- Antecedentes.

El antecedente histórico de este sistema tiene su inicio hace más de cuarenta años, cuando se emprende el monitoreo de forma rutinaria. Durante más de dos décadas se han establecido diferentes redes de monitoreo y de meteorología, que de manera paralela han funcionado y generado información para difundirla a la población.

Con el propósito de lograr una mejora continua de la calidad del aire y enfrentar algunos retos fundamentales en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), es necesario que todas las acciones que se realicen formen parte de un esquema de gestión, buscando lograr la integración de las políticas de transporte, energía, salud y desarrollo urbano con las de medio ambiente para lograr la reducción de las emisiones. En el proceso, es básico contar con un sólido sistema de monitoreo de la calidad del aire y un inventario de emisiones actualizado que proporcionen los datos de los niveles de la contaminación local y las fuentes que la ocasionan, que permitan investigar y evaluar los grados de exposición a la contaminación y los efectos en la salud de la población.

En la Ciudad de México, el Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) es el instrumento de gestión encargado de vigilar y evaluar la calidad del aire en la ZMVM para informar oportunamente a los habitantes y fortalecer la toma de decisiones en programas de prevención y mejoramiento de la calidad del aire y así proteger la salud de la población.

El objetivo del monitoreo de la calidad del aire es generar información para:

1. Evaluar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de salud ambiental en la Ciudad de México y la zona conurbada.
2. Evaluar el estado de la calidad del aire con respecto a la concentración de los contaminantes criterio.
3. Cuantificar los niveles de exposición de la población a la contaminación del aire ambiente.
4. Informar y prevenir a la población sobre los niveles de contaminación y sus posibles riesgos.
5. Proporcionar información inmediata para la activación o desactivación de alertas o procedimientos de emergencia, derivados de una concentración

de contaminantes asociada a actividades humanas y/o a fuentes naturales, que pueda representar un riesgo para la salud o el medio ambiente.

6. Informar de manera oportuna a la población sobre el estado que guarda la calidad del aire.
- 7. Generar información para la evaluación de la distribución espacial y el transporte de los contaminantes atmosféricos.**
8. Generar datos confiables para la evaluación y seguimiento de las estrategias de gestión de la calidad del aire instrumentadas en la Ciudad de México y la zona conurbada.
9. Evaluar la tendencia histórica de los contaminantes criterio en la Ciudad de México y la zona conurbada.

## **1.2.- Justificación.**

La actual denominación “Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT), permite avanzar hacia un sistema de calidad en donde el eje principal es garantizar la calidad de los datos que se generan y ofrecen a la comunidad en forma permanente y continua. El producto final que entrega el SIMAT son los datos generados por las redes que lo conforman y en particular destaco el trabajo que realizo con la instrumentación de la REDMET y la información generada por la RAMA, teniendo como parte primordial un proceso de verificación de la calibración de los sensores meteorológicos que emprendo de forma rutinaria dos veces por año y verificación de la calibración de los puertos analógicos del adquisidor de datos que realizo anualmente; cabe mencionar que la trasmisión ininterrumpida de los datos generados por la RAMA y la REDMET hacia el centro de cómputo que es fruto de la correcta operación de los sistemas de comunicaciones electrónicas y adquisición de datos (telemetría), de los cuales soy responsable y que son propios de cada estación de monitoreo.

## **1.3.- El SIMAT y sus redes de monitoreo ambiental.**

El SIMAT está integrado por los siguientes subsistemas de monitoreo:

### **Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA)**

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) es el subsistema del SIMAT que realiza mediciones continuas y permanentes de ozono ( $O_3$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), monóxido de carbono (CO), partículas menores a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ) y partículas menores a 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ). La información que proporciona esta red es primordial en la evaluación oportuna de la calidad del aire en la ciudad de México y su difusión mediante el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). La rapidez con que se envía y recibe la información, permite la instrumentación inmediata del Programa de



Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en situaciones de riesgo para la salud de la población.

### **Red Meteorológica (REDMET).**

Las Red Meteorológica y Radiación Solar (REDMET) es el subsistema del SIMAT que tiene como función principal proporcionar información de los parámetros meteorológicos para elaborar el pronóstico meteorológico y modelos de dispersión, con la finalidad de analizar el desplazamiento de los contaminantes a través del tiempo. Otra función primordial es la elaboración del Índice Ultravioleta (IUV) para informar a la población, sobre la exposición saludable a los rayos del sol.

La REDMET mide desde 1986 los parámetros de temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad y dirección de viento. A partir de Mayo de 2001 incorpora la medición sistemática de la Radiación Solar Ultravioleta tipo A y B y Radiación Global

### **Red de Deposito Atmosférico (REDDA).**

Cuenta con 16 sitios en la ciudad de México y su zona conurbada para el muestreo del depósito seco (materia sedimentable) y el depósito húmedo (precipitación pluvial). La REDDA se conoce también como Red de Lluvia Ácida; a las muestras colectadas se les determina: acidez, conductividad, nitratos, sulfatos, cloruros, sodio, calcio, magnesio, potasio y metales pesados.

### **Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA).**

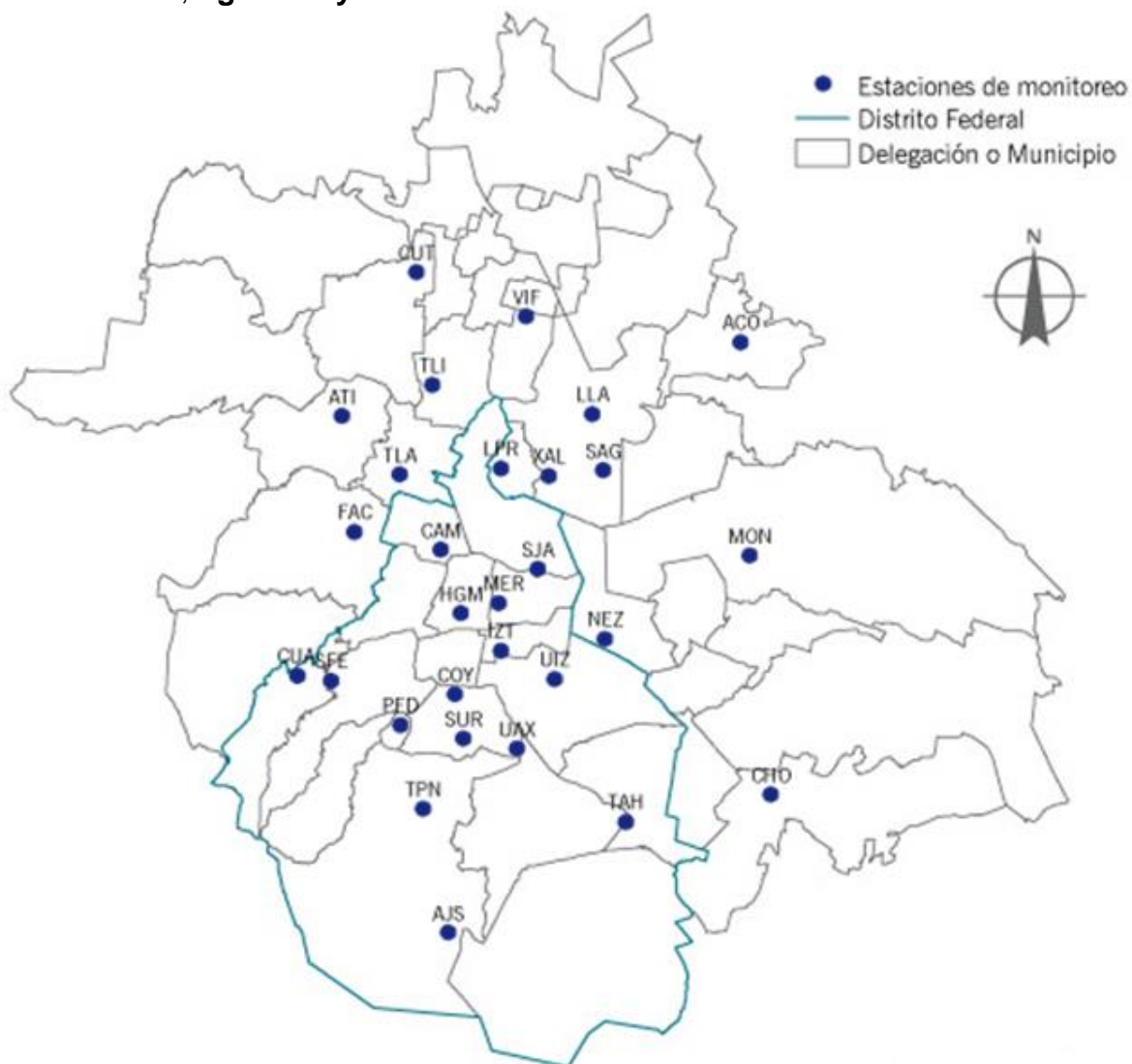
Recolecta muestras de 24 horas cada seis días con muestreadores de referencia de alto volumen de partículas suspendidas totales (PST) en seis sitios, diez sitios para el muestreo de partículas suspendidas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) y siete sitios para el muestreo de partículas suspendidas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>), con muestreadores de referencia de bajo volumen. Del análisis de las muestras se determinan metales pesados, entre ellos el plomo, así como sulfatos y nitratos y la concentración de partículas. Los análisis gravimétricos de la Red Manual se emplean para determinar el cumplimiento de la normatividad de salud de partículas en suspensión.

En el presente reporte profesional hago énfasis en la RAMA y la REDMET que son las redes en las cuales me desempeño.

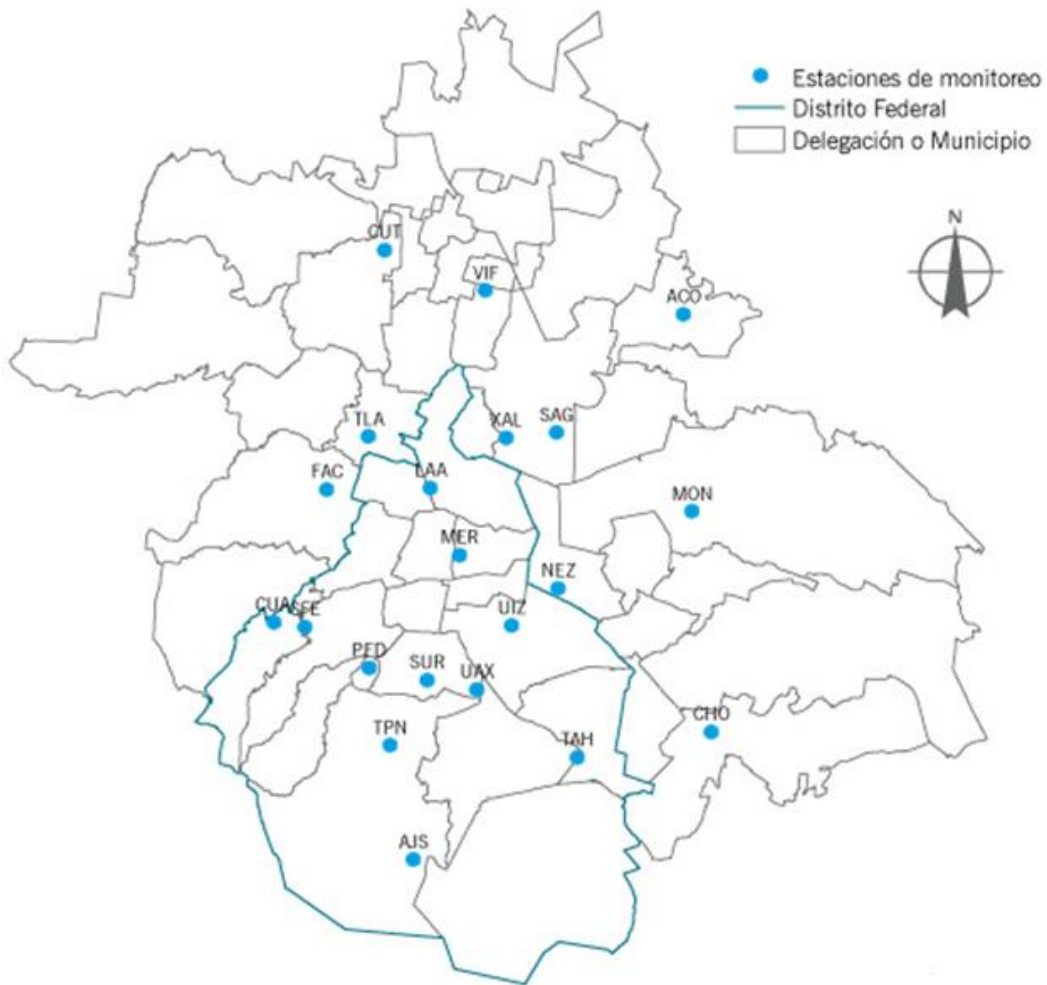
La RAMA actualmente se constituye de 30 estaciones de monitoreo atmosférico ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad de México, 16 están localizadas en el Distrito Federal y 14 en el Estado de México. Los criterios técnicos para la ubicación de las estaciones son: densidad de población, distribución de fuentes de emisión, meteorología y topografía.

Dentro de las 30 estaciones con las que se constituye la RAMA, 20 cuentan con REDMET, están ubicadas estratégicamente en la ciudad de México, 10 se encuentran en el Distrito Federal y 10 en el estado de México.

A continuación se muestra un mapa de la distribución de las estaciones mencionadas, **figuras 1 y 2**:



**Figura 1:** Distribución de las estaciones de la RAMA en el Distrito Federal y el Estado de México.

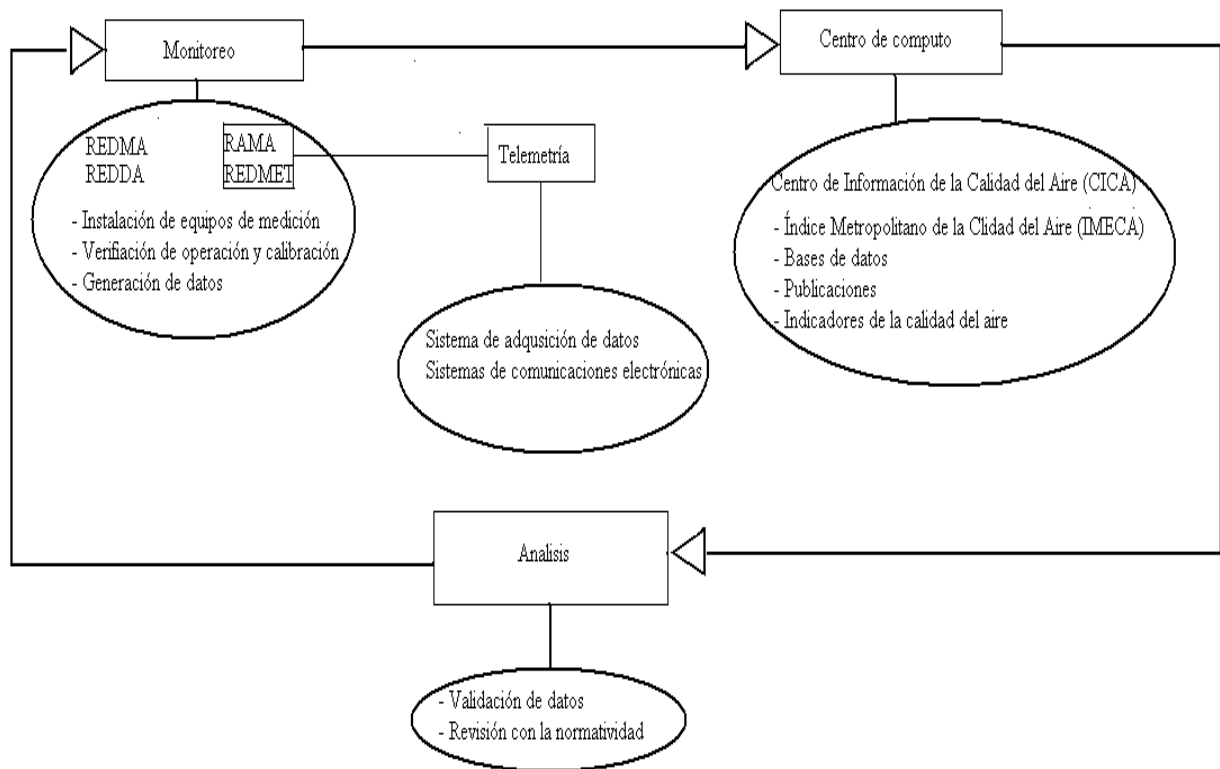


**Figura 2:** Distribución de las torres meteorológicas de la REDMET en el Distrito Federal y el Estado de México.

### 1.4.- Estructura operativa.

Se muestra a continuación un diagrama de procesos, **figura 3**, el cual tiene como objetivo dar a conocer cómo opera el SIMAT en conjunto, y en particular ubicar el subsistema en cual me desempeño.

# Diagrama de procesos



**Figura 3:** Diagrama de procesos del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ciudad de México (SIMAT)

El subsistema de monitoreo del cual forma parte, se integra por personal técnico altamente capacitado en la instalación de equipos de medición de contaminantes y variables meteorológicas así como de sus respectivos mantenimientos preventivos y correctivos; toda la información generada en las estaciones de monitoreo ambiental se recaba en un centro de cómputo, subsistema encargado de generar las bases de datos y con ello generar el Índice metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), así como de realizar publicaciones e indicadores de la calidad del aire. Posteriormente el subsistema de análisis se encarga de la validación de los datos generados y la revisión con la normatividad.

# Capítulo 2

## 2.- El adquisidor de datos y la instrumentación de variables meteorológicas que forman parte intrínseca de la RAMA y la REDMET.

Como parte intrínseca del monitoreo y en particular de la RAMA y la REDMET se encuentra el área de telemetría, de la cual formo parte, y soy responsable de la operación y el correcto funcionamiento de la REDMET, el adquisidor de datos, **figura 4**, y las comunicaciones electrónicas.

Cada estación de monitoreo atmosférico que integra la RAMA y la REDMET cuenta con su propio adquisidor de datos y sistemas de comunicaciones electrónicas para la trasmisión de la información generada en sitio hacia el centro de cómputo.



**Figura 4.-** Adquisidor de datos (CPP, del inglés Communications Protocol Processor) marca H2NS, modelo 4794.

Como se menciona anteriormente, algunas de las estaciones de monitoreo atmosférico de la RAMA cuentan con torre meteorológica (REDMET), en la cual se encuentran instalados los siguientes sensores: sensor de temperatura ambiente, de humedad relativa, de velocidad de viento, de dirección de viento y en algunas se cuenta con sensores de radiación solar (radiación global y radiación ultravioleta tipo A y B)

La instrumentación con la que cuenta la REDMET es la siguiente:

### **a) Sensor de temperatura y humedad relativa.**

La REDMET actualmente cuenta con dos diferentes modelos de sensores duales (temperatura y humedad relativa ambiente), se muestra a continuación imágenes de dichos sensores, **figuras 5 y 6**.



Figura 5. Sensor de temperatura y humedad relativa marca Met One, modelo 083E-1-6.

Ó



**Figura 6.** Sensor de temperatura y humedad relativa maraca Vaisala, modelo HMP60.

Estos tipos de sensores son analógicos, se instalan dentro de un blindaje de radiación solar, **figura 7**, que es montado en la torre meteorológica a una altura de 4 metros sobre la base de la estación de monitoreo atmosférico; el blindaje es tipo plato y de aire forzado o aspirado, lo cual se explica por qué cuenta con un ventilador que extrae el aire del medio ambiente y hace que fluya a través del sensor dual (temperatura y humedad relativa) y de esta manera obtenemos una medición más real de estos dos parámetros.

Para el alambrado de los circuitos, requiero de una fuente de alimentación de corriente directa de 12[V] a 1[A], la cual aplica para los dos modelos de sensores con que cuenta la REDMET, y en específico los sensores de humedad relativa (sensor capacitivo); para el caso del sensor marca Vaisala, el sensor de temperatura (termistor) esta acondicionado internamente dentro de la tarjeta electrónica para operar con la misma fuente, es un caso diferente para el sensor de la marca Met One, que requiere de una resistencia externa (23.1[KΩ]) y una

fuentes adicionales de corriente directa de 1[V] para el circuito del sensor de temperatura.



**Figura 7:** Blindaje de radiación solar para los sensores de temperatura y humedad relativa ambiente, tipo plato.

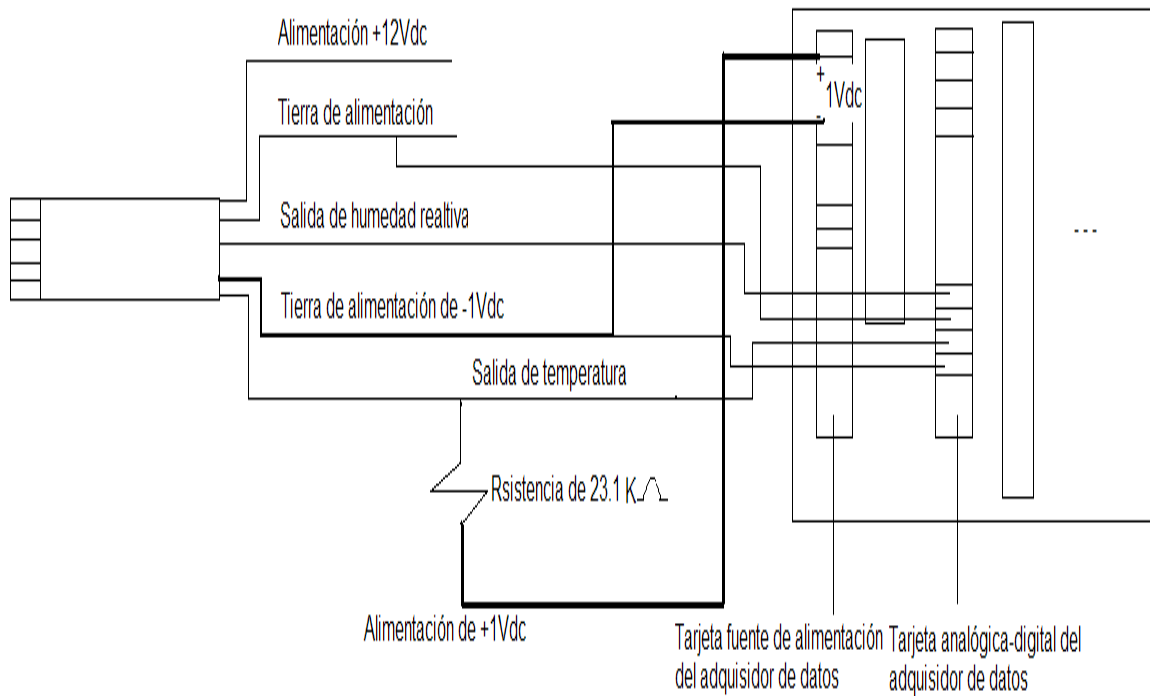
Para el sensor de la marca Met One la ecuación que rige el comportamiento del sensor de temperatura es:

$$T[{}^{\circ}\text{C}] = -178.9 [{}^{\circ}\text{C}/\text{V}] * (V_T[\text{V}]) + 106 [{}^{\circ}\text{C}];$$

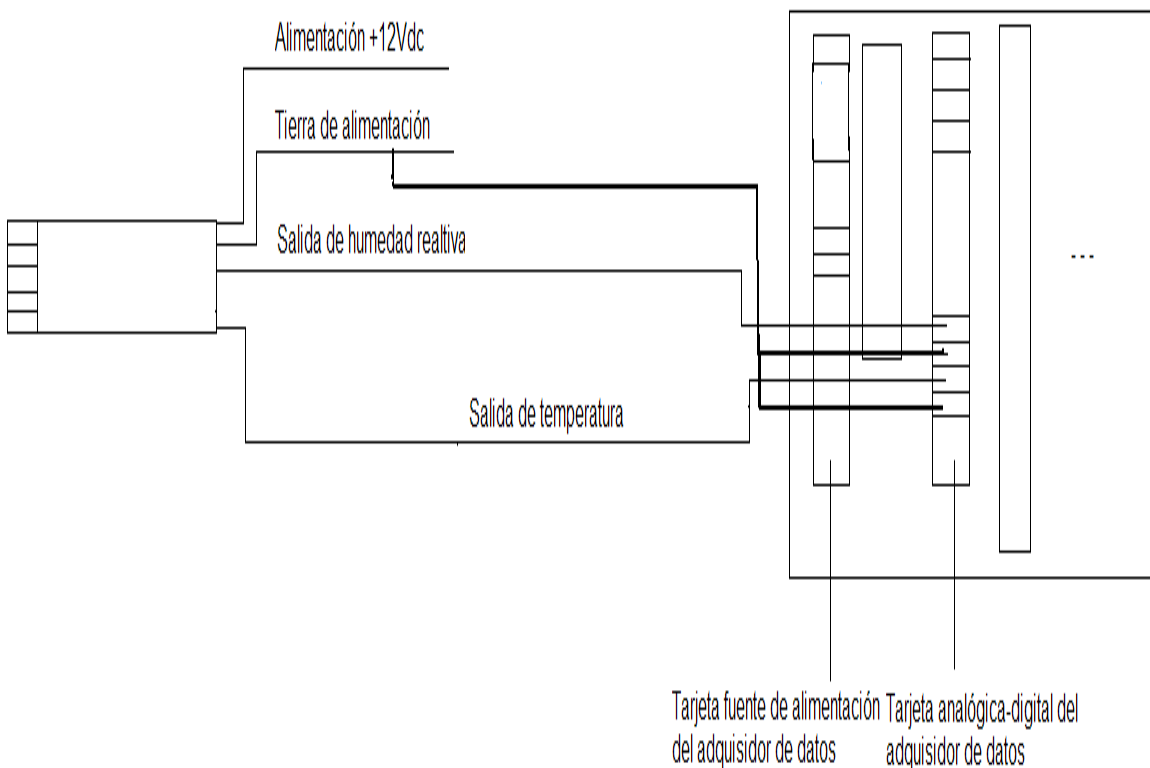
T = Temperatura

$V_T$  = Tensión de corriente directa de la temperatura

En la **figura 8 y 9**, se muestra el diagrama esquemático para cada tipo de sensor y algunas especificaciones técnicas, **figura 10**.



**Figura 8.-** Diagrama esquemático del sensor de temperatura y humedad relativa marca Met One, modelo 083E-1-6 y su interconexión con el adquisidor de datos.



**Figura 9.-** Diagrama esquemático del sensor de temperatura y humedad relativa marca Vaisala, modelo HMP60, y su interconexión con el adquisidor de datos.



Sensor	Vaisala HMP60 Humedad relativa	temperatura	Met One 083E-1-6 Humedad relativa	Temperatura
Rango	0 - 100	-40 – 60	0-100	-50 - 50
Unidades	[%]	[°C]	[%]	[°C]
Tiempo de respuesta			10 [s]	
Precisión	0 - 90-> $\pm 3$ [%] y 90 - 100-> $\pm 5$ [%]	$\pm 0.5$ [°C]	0 - 100-> $\pm 2$ [%]	$\pm 0.1$ [°C]
Rango de operación de temperatura	0 - 40 [°C]		-50 - 50 [°C]	
...	...		...	

**Figura 10.-** Algunas especificaciones técnicas de los sensores de temperatura y humedad relativa ambiente empleadas en la REDMET [referencia de hojas de especificación].

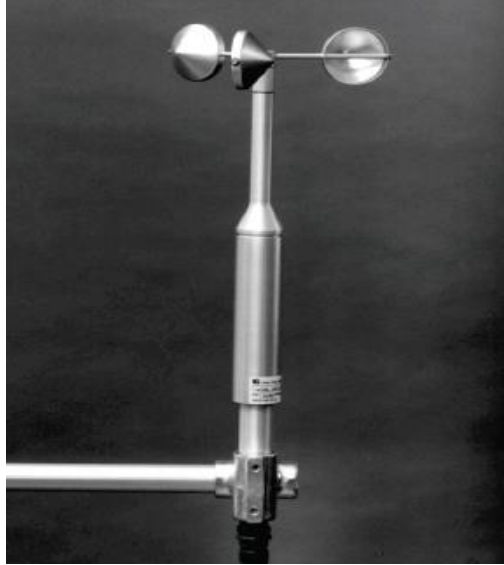
#### **b) Sensor de velocidad y dirección de viento.**

Actualmente la REDMET cuenta con dos tipos de sensores electromecánicos, el sensor dual (velocidad y dirección de viento), **figura 11**, y los sensores individuales, figuras **12 y 13**.

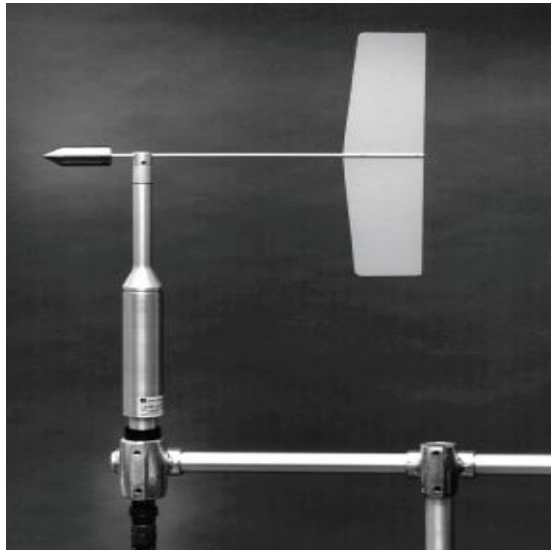


**Figura 11.** Sensor dual de viento (velocidad y dirección), marca Met One, modelo 034B.

ó



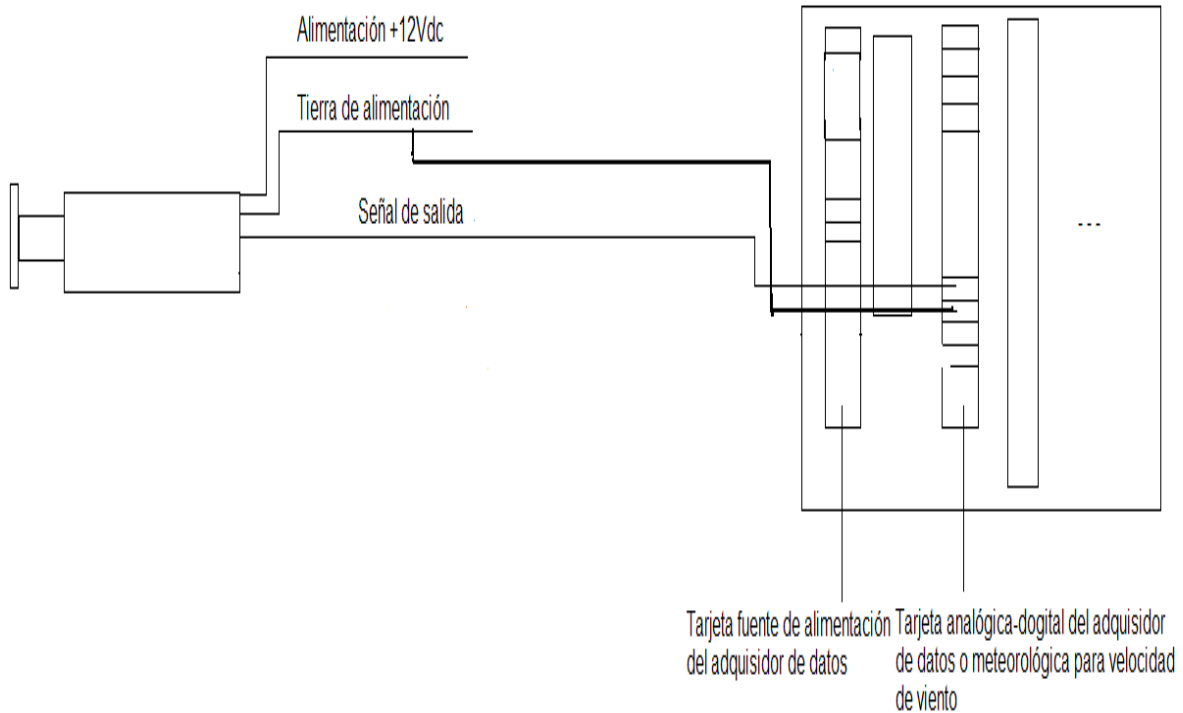
**Figura 12.** Sensor de velocidad de viento marca Met One, modelo 010C.



**Figura 13.** Sensor de dirección de viento marca Met One, modelo 020C.

La forma de operación es idéntica en los dos tipos de sensores de viento (duales e individuales), el sensor de dirección de viento opera mediante un potenciómetro mono-vuelta de 10[K $\Omega$ ] y el transductor de variable resistiva a eléctrica de 0 a 5[V] de corriente directa para el rango de operación del sensor de 0 a 360[ $^{\circ}$ ]. El sensor de velocidad de viento opera a través de un dispositivo opto-detector que genera un tren de pulsos de una frecuencia dependiente de la velocidad de las cazoletas del sensor, y a partir de dicha frecuencia se realiza el cálculo de la velocidad. Para el alambrado de los circuitos requiero una fuente de corriente directa de 12[V] a 1[A], se muestra a continuación el diagrama esquemático de interconexión con el adquisidor de datos (CPP), **figura 14**, cabe mencionar que el sensor de dirección

de viento se interconecta a la tarjeta analógica del CPP, mientras el sensor de velocidad de viento se conecta a la tarjeta meteorológica (contador de frecuencia).



**Figura 14.-** Diagrama esquemático de interconexión de los sensores de viento marca Met One con el adquisidor de datos.

Sensor	Met One 034B velocidad	Met One 034B dirección	Met One 010C	Met One 020C
Rango	0 – 167	0 - 360	0-125	0 - 360
Unidades	[mph]	[°]	[mph]	[°]
Rango de temperatura			-50 – 65[°C]	-50 – 65[°C]
Precisión	<22.7[mph]-> 0.25[mph] y >22.7[mph]-> ±1.1[%]	±4[°]	0.15[mph]	±3 [°]
resolución		0.5[°]	<0.1[mph]	<0.1[mph]
...	...		...	

**Figura 15.-** Algunas especificaciones técnicas de los sensores de viento marca Met One empleados en la REDMET [referencia de hojas de especificaciones]

En algunas estaciones se tienen instalados multi-sensores ultrasónicos, **figura 16**, el multi-sensor meteorológico WXT520 es un pequeño y ligero transmisor que ofrece seis parámetros meteorológicos en paquete compacto. Mide velocidad y dirección de viento, precipitación, presión atmosférica, temperatura y humedad relativa ambiente.

El modelo WXT520 se energiza de 5 A 32 [V] de corriente directa y cuenta con salida serial de datos con protocolo de comunicación ajustable, en nuestro caso utilizamos ASCII; cuatro alternativas interfaces seriales: RS-232, RS-485, RS422 y SDI-12 [referencia de hojas de especificación].

Los principios de operación de los sensores son los siguientes: el sensor de viento tiene una serie de tres transductores ultrasónicos igualmente espaciados sobre un plano horizontal. Velocidad y dirección de viento son determinados por medición del tiempo que toma el ultrasonido para viajar desde cada transductor a los otros dos. La velocidad de viento es calculada por los tiempos de transito medidos utilizando la siguiente fórmula:

$$V = 0.5 * L * (1/t_f - 1/t_r)$$

V = velocidad de viento

L = distancia entre dos transductores

t<sub>f</sub> = tiempo de tránsito en dirección directa

t<sub>r</sub> = tiempo de tránsito en dirección inversa

El sensor de viento mide el tiempo de tránsito (en ambas direcciones) a lo largo de los tres caminos establecidos por el arreglo de transductores. El tiempo de transito depende de la velocidad de viento a lo largo de la ruta ultrasónica. La medición de los seis tiempos de transito permite que V se calcule para cada uno de los tres caminos ultrasónicos.

La velocidad de viento es representada como una velocidad escalar en unidades seleccionable (m/s, mph, km/h); la dirección de viento es expresada en grados, norte es 0[°], este 90[°], sur 180[°]y oeste 270[°].

El sensor de precipitación se compone de una cubierta de acero y un sensor piezoeléctrico montado en la superficie inferior de la cubierta. El sensor de precipitación detecta el impacto de las gotas de agua individuales, las señales procedentes de los efectos son proporcionales al volumen de las gotas, por lo tanto, la señal de cada gota se puede convertir directamente a precipitación acumulada. Técnica de filtrado de ruido avanzada se utiliza para filtrar las señales procedentes de fuentes distintas a las gotas de agua.

El módulo PTU contiene sensores separados para mediciones de presión, temperatura y humedad relativa, el principio de operación de estas mediciones está basado en un avanzado oscilador RC y dos condensadores de referencia contra el cual se miden continuamente la capacitancia de los sensores. El microprocesador del trasmisor realiza la compensación por la dependencia de los sensores de presión y humedad relativa.

El módulo PTU incluye:

Sensor BARICAP capacitancia de silicio para medición de la presión.

Sensor THERMOCAP capacitancia de cerámica para medición de la temperatura del aire.

Sensor HUMICAP película delgada de polímero para la medición de la humedad relativa.



**Figura 16.** Multi-sensor meteorológico marca Vaisala, modelo WXT520.

### **C) Sensores de radiación solar.**

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, esta radiación se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta; no toda la radiación alcanza la superficie de la tierra por que las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmosfera.

La exposición exagerada a la radiación solar puede ser perjudicial para la salud, como es el caso de la radiación ultravioleta que es emitida por el sol en longitudes de onda que van aproximadamente de los 150 [nm] a los 400 [nm], en la formas de radiación ultravioleta tipo A, B y C; UV-A de 280 a 315 [nm], UV-B de 315 a 400 [nm] y UV-C a causa de la absorción por parte de la atmosfera terrestre no alcanza a llegar a la superficie de la tierra, el 99% de la radiación ultravioleta que llega es tipo A y la pequeña porción restante es tipo B y produce daño en la piel. Por tal hecho se mide la radiación más dañina para la salud.

Para la operación de los sensores de radiación ultravioleta (UV-A y UV-B), **figura 17**, se utiliza una fuente de alimentación de corriente directa de 12[V] a 1[A], el principio de operación para estos sensores es el mismo.

La luz solar entra a través del domo de cuarzo y atraviesa un primer filtro negro que absorbe la radiación visible e infrarroja. La radiación resultante, que contiene el espectro completo de UV, incide sobre el sensor de fósforo que es excitado y produce una luz. La luz emitida por el fósforo se detecta por medio de un fotodiodo de GaAsP. El diodo y el fósforo están montados dentro de una capsula que está regulada termostáticamente por un elemento Peltier. La corriente producida por el diodo GaAsP es convertida a tensión al igual que la temperatura y amplificada mediante circuitos electrónicos.

El cálculo de la radiación UV es de compensación por temperatura por lo cual, la ecuación que rige el comportamiento de los sensores de radiación ultravioleta (UV-A y UV-B) es:

$$UV-A[mW/cm^2] = (V_{uv-a}[V] / K[V/(mW/cm^2)]) / (1 + (T_{uv-a}[^{\circ}C] - 25[^{\circ}C]) * (0.01[1/^{\circ}C])) \text{ [referencia de hoja de especificaciones];}$$

UV-A = radiación ultravioleta tipo A

$V_{uv-a}$  = Tensión de directa del sensor de UV-A

K = Constante de calibración del sensor, 0.25[V/(mW/cm<sup>2</sup>)]

$T_{uv-a}$  = temperatura interna del sensor  $\approx 25[^{\circ}C]$

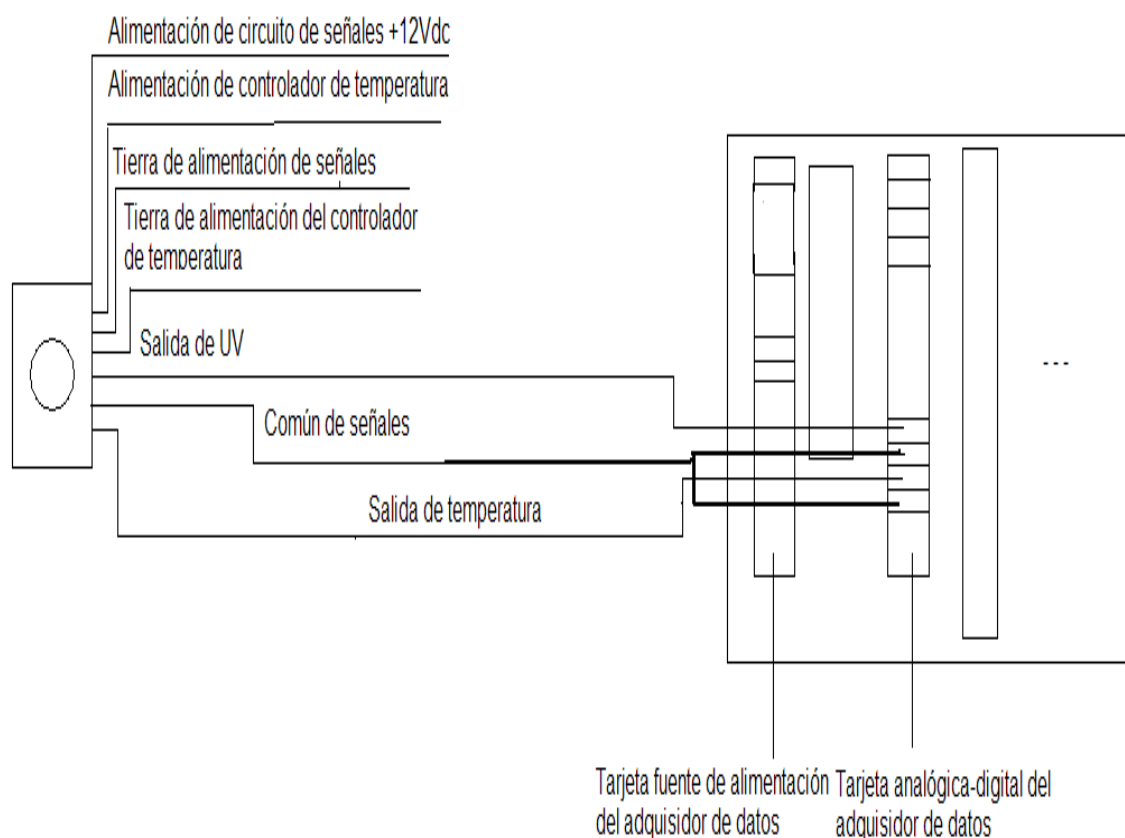
Se utiliza la misma ecuación para UV-B, solo que las unidades son en MED/HR, por lo que:

$$UV-B[MED/HR] = (V_{uv-b}[V] / K[V/(MED/HR)]) / (1 + (T_{uv-b}[^{\circ}C] - 25[^{\circ}C]) * (0.01[1/^{\circ}C]));$$



**Figura 17.** Sensor de radiación solar ultravioleta marca Solar Light, modelo 501A/B (según el filtro, tipo A o B).

Muestro a continuación el diagrama esquemático de interconexión con el CPP, **figura 18**, y algunas especificaciones técnicas, **figura 19**.



**Figura 18.-** Diagrama esquemático de interconexión de los sensores de radiación solar UV-A y UV-B marca Solar Light con el adquisidor de datos.

Sensor	UV-A	UV-B
Rango espectral	320-400[nm]	280-320[nm]
Rango de medición	0-10	0-10
Unidades	mW/cm <sup>2</sup>	MED/hr
Tiempo de respuesta	1[s]	1[s]
Corrección de temperatura	1%/°C	1%/°C
Rango de operación de temperatura	-40 – 50[°C]	-40 – 50[°C]
...	...	...

**Figura 19.-** Algunas especificaciones técnicas de los sensores de radiación ultravioleta marca Solar Light empleados en la REDMET [referencia de hojas de especificación].

Del total de radiación que procede del sol una parte se recibe directamente (directa), y otra proviene de la difusión y de las múltiples reflexiones que sufre la radiación a su paso por la atmosfera (difusa). Se llama radiación global (RG) a la suma de estas dos.

Para el sensor de radiación global (RG), **figura 20**; cabe mencionar que la respuesta del sensor es en [ $\mu\text{V}$ ] por lo que se utiliza un amplificador con ganancia de 100 para que la resolución sea compatible con el CPP en [ $\text{mV}$ ], la señal de salida es pequeña debido a que son base termopila. El amplificador se alimenta con 12[V] de corriente directa.

Para el caso de radiación global, la ecuación que rige su comportamiento es:

$$RG [W/m^2] = (V_{rg}[V]*10000) / K [(W/m^2)/V]$$

$V_{rg}$  = Tensión de directa de radiación global

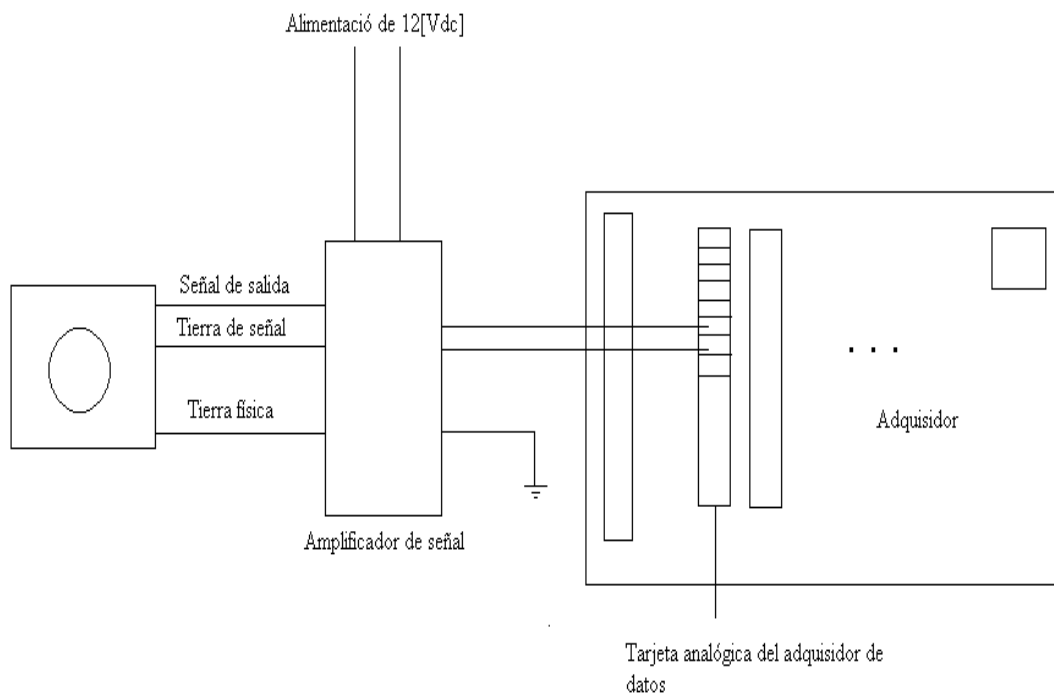
K = constante de calibración propio de cada sensor



**Figura 20.** Sensor de radiación global marca Hukseflux, modelo SR20.

El diagrama esquemático de interconexión con el CPP se muestra a continuación, **figura 21**:





**Figura 21:** Diagrama de interconexión del sensor de radiación global de la marca Hukseflux.

Dichos sensores meteorológicos y de radiación solar se encuentran bajo mi responsabilidad y soy el encargado de su instalación y los respectivos mantenimientos preventivos (verificación de operación y calibraciones) y correctivos (reparación si es el caso), con la finalidad de garantizar la generación de datos correctos.

Por otra parte me encargo de la integración de estos sensores con el sistema de adquisición de datos; mi función es configurar el adquirente de datos y en específico su tarjeta analógica/digital para el caso de los sensores con salida de corriente directa y poder obtener de manera visual en el adquirente el valor de la variable física que se está midiendo. En cuestión del multi-sensor ultrasónico se transmiten datos digitalmente por internet, utilizando convertidores de comunicación serial RS232 a TCP/IP.

La configuración del adquirente y armado de los circuitos electrónicos los realizo en base a los manuales de operación y especificaciones técnicas de cada sensor, superviso la operación de cada sensor instalado y llevo un calendario de mantenimientos preventivos y correctivos, con la finalidad de mantener operando correctamente los sensores de la REDMET y radiación solar.

## **2.1.- El CPP (del inglés Communications Protocol Processor) como adquisidor de datos.**

Tanto la RAMA como la REDMET utilizan el módulo adquisidor de datos de la marca H2NS que permite la adquisición y transferencia de datos desde una estación remota hasta un centro de cómputo, el sistema denominado CPP (Communications Protocol Processor) es un procesador de señal digital basado en un procesador de protocolo de comunicaciones y sistema de adquisición de datos, la unidad fue diseñada para permitir a los operadores aprovechar la interfaz serial que ahora se ofrecen por los principales fabricantes de instrumentos.

### **2.1.1.- Características del CPP de H2NS.**

La RAMA y la REDMET requieren de interconectar los analizadores (de gases y de partículas), sensores meteorológicos y los sistemas de comunicaciones electrónicas (Internet y línea telefónica), de esta manera el CPP se constituye por las siguientes tarjetas electrónicas, **figuras 22 y 23**:

Una tarjeta fuente con la cual se conecta a la toma de energía alterna regulada y por la cual se alimentan las tarjetas restantes y que cuenta con tensiones de salida de 1, 5 y 12[V] de corriente directa para alimentar algunos equipos de medición que lo requieran.

Una tarjeta de comunicación con 4 puertos seriales de comunicación mediante los cuales se puede configurar el CPP y se realiza la transmisión y recepción de los datos por medio de línea telefónica, en protocolo de comunicación serial (RS232).

Una tarjeta de memoria expandible para respaldar la información generada en periodos de tiempo.

Una tarjeta analógica/digital, la cual se utiliza para conectar los sensores meteorológicos y consta de 16 puertos que pueden recibir tensiones de entrada de 1, 5 y hasta 10[V] de corriente directa.

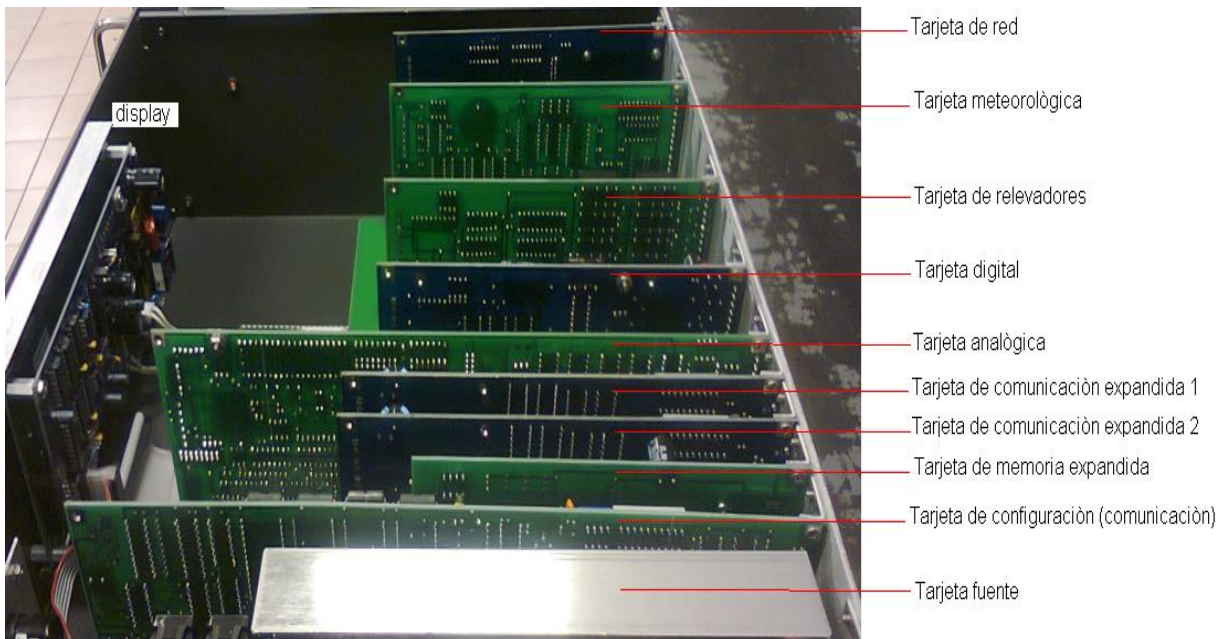
Una tarjeta digital, con 16 puertos, la cual por el momento no ocupamos.

Dos tarjetas de comunicación serial expandidas, que se utilizan para conectar los analizadores de gases y de partículas o algún otro instrumento con interfaz serial.

Cuenta con una tarjeta de relevadores, la cual bien puede servir para el control de activación remota de equipos que lo requieran o que no operan constantemente como son los sistemas de calibración.

Una tarjeta meteorológica es utilizada para conectar equipo que mide frecuencia tal como es el sensor de lluvia o pluviómetro y el sensor de velocidad de viento o anemómetro.

Para el caso del CPP 4794, se pueden expandir las tarjetas anteriormente mencionadas y ya cuenta con una tarjeta de red para la conexión por puerto Ethernet.



**Figura 22.** Tarjetas electrónicas que conforman el CPP modelo 4794.



**Figura 23.-** Parte posterior del CPP modelo 4794.

### **Actividades realizadas:**

Conocimiento y operación del módulo adquisidor de datos CPP-4794 de la marca H2NS, realizando pruebas en el laboratorio para observar el funcionamiento del equipo.

Verificación de operación y calibración del módulo adquisidor de datos CPP 4794, el CPP cuenta con 16 puertos analógicos los cuales registran valores de tensión directa por lo cual es necesario verificar y calibrar periódicamente las entradas de estos puertos, garantizando así la veracidad de los datos de sensores analógicos.

Configuración del módulo adquisidor CPP-4794, el equipo debe ser configurado de acuerdo a las necesidades de cada estación, habilitando los canales y puertos que sean requeridos y que depende de los equipos conectados al mismo.

Los adquisidores son instalados en el rack localizado dentro de las estaciones de monitoreo realizando la conexión de los diferentes instrumentos de medición (analizadores y sensores), así como el sistemas de comunicaciones electrónicas por línea telefónica e Internet.

## **2.1.2.- Configuración general del CPP para una estación completa de monitoreo atmosférico y variables meteorológicas.**

A continuación se muestra un ejemplo de configuración del CPP para una estación completa de monitoreo atmosférico y variables meteorológicas, **figura 24**, para la configuración se requiere de una computadora con interfaz serial y el software de comunicación/configuración que incluye el equipo (Data Link):

>L

H2NS CPP-4794 Setup Mexico Cty 7.0.0 Aug 15, 2012  
07:47:17 Thu 03 July 2014 184

SFE 010  
Password Enabled  
Poll DSM ID = 01, h  
Baud Rate = 1= 9600  
00100100

IPL 1

```
*****  
Parameter      Channel 01  Channel 02  Channel 03  Channel 04  Channel 05  
Chn Name       SO2        O3         CO         NO2        NO  
Chn Units      PPB        PPB        PPM        PPB        PPB  
Full Scale     500       500       50.0      500       500  
Zero           0         0         0.0       0         0  
Inst Man       Thermo     Thermo     Thermo     Thermo     Thermo  
MDL# OR ADC#   SO2-43C   O3-49C    CO-48C    NO2-42C    NO-42C  
C-Port/Range   3-01F     3-02F     3-03F     3-04F     3-04F  
Baud Rate      9600     9600     9600     9600     9600  
INSTR ID       00        00        00        00        00  
IMD ADDR       00        00        00        00        00  
# PTS INT      04        04        04        04        04  
% -# PTS FIN   59        59        59        59        59  
Un/Bip-Cals    B-B       B-B       B-B       B-B       B-B  
CHN UP/DN      UP        UP        UP        UP        UP
```

\*\*\*\*\* 000

```
*****  
Parameter      Channel 06  Channel 07  Channel 08  Channel 09  Channel 10  
Chn Name       NOX        PM10       PM25       PMCO       RG  
Chn Units      PPB        ug/m3      ug/m3      ug/m3      w/m2  
Full Scale     500       1000      1000      1000      2000  
Zero           0         0         0         0         0  
Inst Man       Thermo     R&P 356   R&P 249   R&P 333   Comp  
MDL# OR ADC#   NOX-42C   PM-10     PM-10     PM-10  
C-Port/Range   3-04F     3-00F     3-00F     3-00F  
Baud Rate      9600     9600     9600     9600  
INSTR ID       00        00        00        00        00  
IMD ADDR       00        00        00        00        00  
# PTS INT      04        04        04        04        04  
% -# PTS FIN   59        59        59        59        59  
Un/Bip-Cals    B-B       B-B       B-B       B-B       B-B  
CHN UP/DN      UP        UP        UP        UP        DN
```

\*\*\*\*\* 000

```

*****
Parameter      Channel 11  Channel 12  Channel 13  Channel 14  Channel 15
Chn Name       WSP        WDR        TMP        RH         TIN
Chn Units      MPH        GRAD       C          %          C
Full Scale     100.0     360        50.0       500        100.0
Zero          0.0        0          -50.0      0          0.0
Inst Man       Counter    A/D CH     Comp       A/D CH     A/D CH
MDL# OR ADC#   01        12         14         15
C-Port/Range   5v        5v         5v         1v
Baud Rate
INSTR ID       00        00         00         00         00
IMD ADDR       00        00         00         00         00
# PTS INT      04        04         04         04         04
%# PTS FIN     45        59         59         59         59
Un/Bip-Cals    U-B        B-B        B-B        B-B        B-B
CHN UP/DN      UP         UP         UP         UP         UP
*****000
Parameter      Channel 16  Channel 17  Channel 18  Channel 19  Channel 20
Chn Name       UVA        UVB        Name18     DTUVA      DTUVB
Chn Units      w/m2       MED/HR     Units      C          C
Full Scale     9.999     9.999     100.0      200.0     200.0
Zero          0.000     0.000     0.0        -50.0     -50.0
Inst Man       Comp       Comp       A/D CH     A/D CH     A/D CH
MDL# OR ADC#   18        18         02         04
C-Port/Range   1v        1v         5v         5v
Baud Rate
INSTR ID       00        00         00         00         00
IMD ADDR       00        00         00         00         00
# PTS INT      04        04         04         04         04
%# PTS FIN     59        59         45         59         59
Un/Bip-Cals    U-U        U-U        U-B        B-B        B-B
CHN UP/DN      UP         UP         DN         UP         UP
*****000
Parameter      Channel 21  Channel 22  Channel 23  Channel 24  Channel 25
Chn Name       PTA        PPV        PRH        EUVA      EUVB
Chn Units      C          atm        %          V          V
Full Scale     100.0     99.99     100        5.000     5.000
Zero          0.0        0.00      0          0.000     0.000
Inst Man       R&P 061   R&P 096   R&P 063   A/D CH     A/D CH
MDL# OR ADC#   PM-10     PM-10     PM-10     01         03
C-Port/Range   3-00F     3-00F     3-00F     5v         5v
Baud Rate      9600      9600      9600
INSTR ID       00        00         00         00         00
IMD ADDR       00        00         00         00         00
# PTS INT      04        04         04         04         04
%# PTS FIN     45        45         45         59         59
Un/Bip-Cals    B-B        B-B        B-B        B-B        B-B
CHN UP/DN      DN         DN         DN         UP         UP
*****000

```

```

*****
Parameter      Channel 26   channel 27   channel 28   Channel 29   Channel 30
Chn Name       pf125        pf1CO        PMCOM        PM25m        PM10m
Chn Units      1/m          1/m          ug/m3        ug/m3        ug/m3
Full Scale     10.00       10.00       1000         1000         1000
Zero           0.00        0.00        0            0            0
Inst Man       R&P 226     R&P 310     R&P 329     R&P 245     R&P 354
MDL# OR ADC#   PM-10       PM-10       PM-10       PM-10       PM-10
C-Port/Range   3-00F       3-00F       3-00F       3-00F       3-00F
Baud Rate      9600        9600        9600        9600        9600
INSTR ID       00          00          00          00          00
IMD ADDR       00          00          00          00          00
# PTS INT      04          04          04          04          04
%# PTS FIN     45          45          45          45          45
Un/Bip-Cals    B-B         B-B         B-B         B-B         B-B
CHN UP/DN      DN          DN          DN          DN          DN
*****

```

```

*****
Parameter      Channel 31   channel 32   channel 33   Channel 34   Channel 35
Chn Name       VTMP        ERG         NAME33       Name34       Name35
Chn Units      V           V           UNITS        Units        Units
Full Scale     1.000      5.000      1.000        100.0        100.0
Zero           0.000      0.000      0.000        0.0          0.0
Inst Man       A/D CH     A/D CH     A/D CH     A/D CH     A/D CH
MDL# OR ADC#   13         05         88         88         88
C-Port/Range   1v         5v         5v         1v         1v
Baud Rate      00         00         00         00         00
INSTR ID       00         00         00         00         00
IMD ADDR       00         00         00         00         00
# PTS INT      04         04         04         04         04
%# PTS FIN     59         59         59         45         45
Un/Bip-Cals    B-B         B-B         B-B         U-B         U-B
CHN UP/DN      UP         UP         DN         DN         DN
*****

```

```

Preliminary Average      = 01 Minute
Interim Averaging Interval = 05 Minutes
Final Averaging Interval = 60 Minutes Digital Cal Setup *** None Setup ***
Serial Cal Control      *** None Setup ***
Computed Channels
Chan # 10
Function - None(0), Sqr Root(1), = 0
{(32)( 1.000E+0)*(00)( 1.000E+4)} / {(00)( 1.627E+1)}
Chan # 13
Function - None(0), Sqr Root(1), = 0
{(00)( 1.000E+0)*(31)(-1.789E+2)} + {(00)( 1.000E+0)*(00)( 1.060E+2)}
Chan # 16
Function - None(0), Sqr Root(1), = 0
{(24)( 1.099E+0)/(00)( 0.250E+0)} / {(00)( 1.000E+0)+(19)( 0.010E+0)}
Chan # 17

```

```

Function - None(0), Sqr Root(1), = 0
{(25)( 9.995E-1)/(00)( 0.250E+0)} / {(00)( 1.000E+0)+(20)( 0.010E+0)}000
Sequence # 1      *** None Setup ***000
Sequence # 2      *** None Setup ***000
Sequence # 3      *** None Setup ***000
Sequence # 4      *** None Setup ***000
Sequence # 5      *** None Setup ***000
Sequence # 6      *** None Setup ***000
Sequence # 7      *** None Setup ***000
Sequence # 8      *** None Setup ***000
Sequence # 9      *** None Setup ***000
Sequence # 10     *** None Setup ***0
Auto Prints      *** None Setup ***
Digital Out Print *** None Setup ***
Data Validity   *** None Setup ***000
Delay Summary   *** None Setup ***000
I/O Labels      *** None Setup ***000
Boolean Functions *** None Setup ***0000
      Operator Set I/O
In 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000
out 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 00000000 000
DAC's 0000000000000 00000000
Alarm Summary   *** None Setup ***0
DAC Output      *** None Setup ***000
      Digital I/O Setup
      Input      output
      None      None0
Hold Last Value *** None Setup ***0
Curve-Fit Setup *** None Setup ***

Met Setup
Chn#  Parameter      Manu      Port      Baud
 11  HW WS S 12      C-1  F=1.111E+3  0.600E+0
 12  HW WD3 V 11     A/D      A-12000

Record To CFM
Chns 1-10= 1, Chns 1-20= 2, All= A = 2
Prelim = Y
Interim = N
Final = Y
Alarms = Y
Events = N
Calibrations = N
Digital I/O = N000
Special Protocol
Mexico City
None(0), Polled(1), Broadcast(2) = 1
Address (00-99) = 00
Comm Port # = 2

```



```

Baud Rate
1200(2) 2400(3) 4800(4) 9600(5) 19.2K(6) 38.4K(7) = 5
# Data Bits, 8-7 = 8
Parity; 0=None, 1=Even, 2=Odd = 0
OD 09 7A05 000
Chan Status Set Bit *** None Setup ***000
Modem String *** None Setup ***0
DRIVERS INSTALLED
API
Thr FH62
Clim
M&C
Magee
Met One
M Labs
R&P
RM YNG
Siemens
Thermo
vaisala

CPP Functions
CHN 40 ALR 40 ADC 32 SEQ 10 MET 04 RLA 06 CAL 20 SPN 05 BLN 20
BTM 08 I/O 06 SER 08 PLM 02 INT 03 FIN 04 SMD 24 DSM CMP OPI
>PV000
07:47:32
( 1- 5)          2          4          0.4          23          8
( 6-10)         31         21         11         10         14
(11-15)        5.2        18        11.9        94        21.1
(16-20)       0.123       0.040       0.0       0.2       0.4
(21-25)       12.4       0.27        93       0.028     0.010
(26-30)       3.00       1.67         9        18        27
(31-35)       0.526       0.023       0.000     0.0       0.0
>PVA

A/D Readings
( 1- 4)   0.028v _5   1.013v _5   0.010v _5   1.006v _5
( 5- 8)   0.023v _5   0.034v _1   0.034v _1   0.034v _1
( 9-12)   0.034v _1   0.033v _1   0.033v _1   0.174v _5
(13-16)   0.526v _1   0.941v _5   0.212v _1   0.038v _1
>A

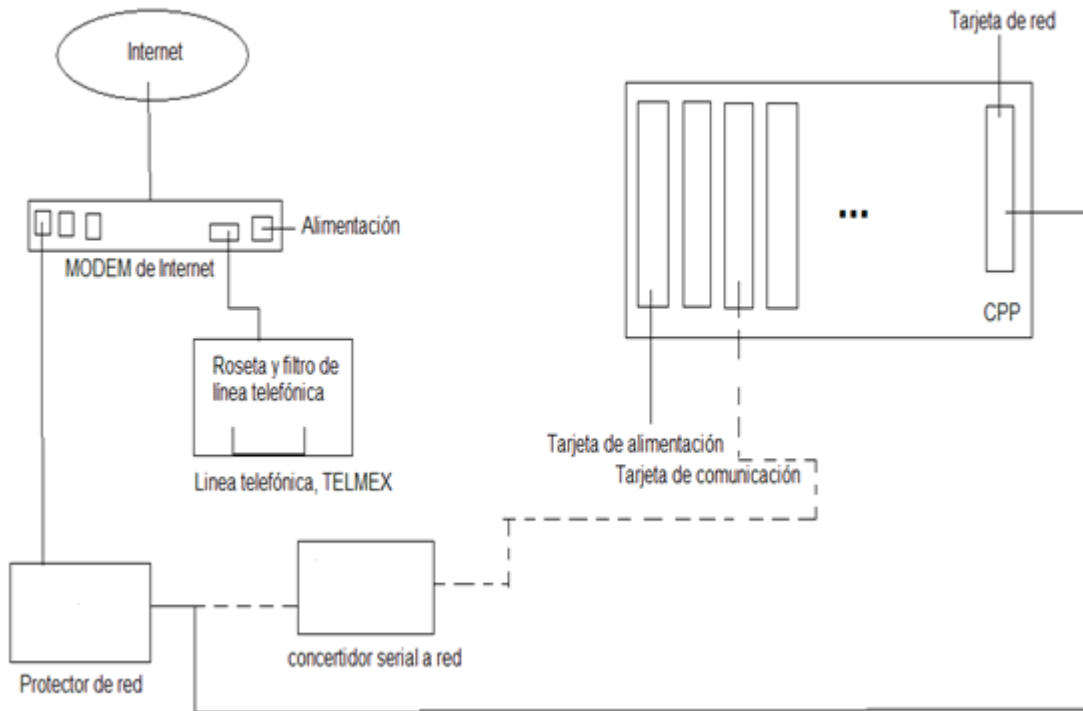
Time Change From... 10:30:06 06-30-14 To 10:30:07 06-30-14
Time Change From... 10:30:06 06-28-14 To 10:30:07 06-28-14
Time Change From... 10:30:57 06-26-14 To 10:30:06 06-26-14
Time Change From... 08:46:40 06-23-14 To 08:48:00 06-23-14
Time Change From... 14:05:32 06-21-14 To 14:09:00 06-21-14

```

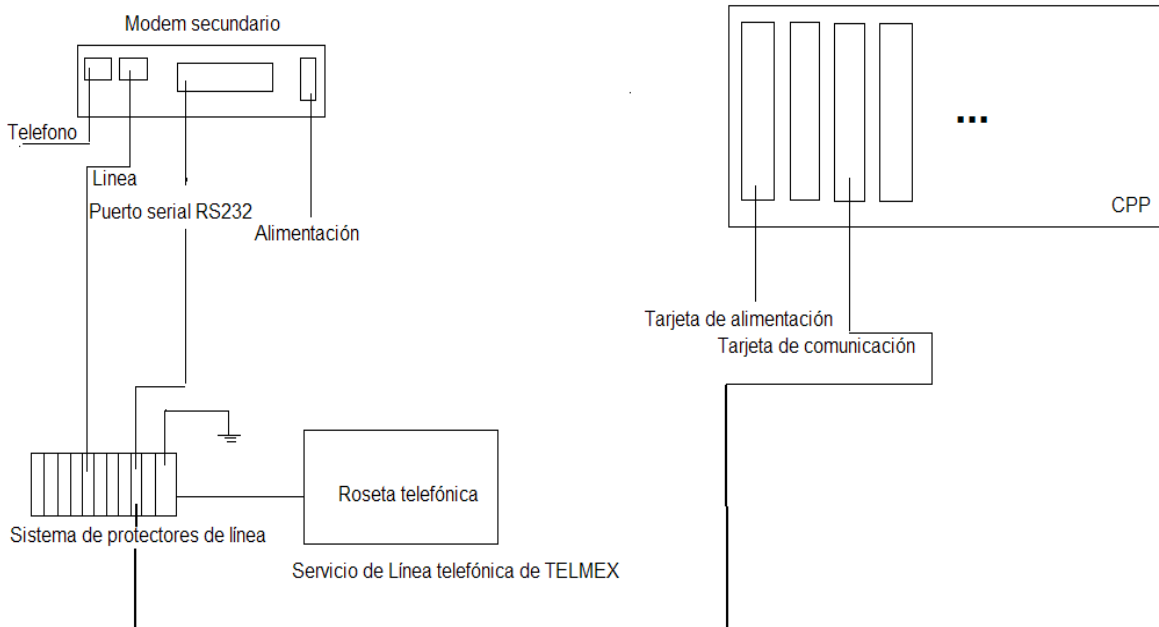
**Figura 24:** Configuración del CPP para una estación completa de monitoreo atmosférico.

En la **figura 25**, se muestra un diagrama a bloques de la manera en que se interconectan los analizadores de gases y partículas con el CPP, utilizando protocolos de comunicación serial RS232; los accesorios conectados a los analizadores para llevar a cabo el muestreo también son presentados.





**Figura 26.-** Diagrama a bloques de la interconexión del Sistema de Comunicación Primario: Internet.



**Figura 27.-** Diagrama de interconexión del Sistema de Comunicación Secundario: línea telefónica.

## **2.2.- Control de calidad.**

En diciembre del año 2000 la SEDEMA-GDF a través de la Dirección de Monitoreo Atmosférico inicio la integración de los diferentes programas de monitoreo existentes, con la finalidad de homologar y unificar los procedimientos de medición, trasmisión, validación y difusión de la información bajo un esquema de mejora continua basado en el Sistema de Gestión de Calidad Norma ISO 9001:2000 consolidando el concepto de SIMAT.

### **2.2.1.- La Organización Meteorológica Mundial (del inglés World Meteorological Organization, WMO), la Agencia de Protección Ambiental (del inglés Environmental Protection Agency, EPA) y la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).**

La Organización Meteorológica Mundial (WMO) se creó en 1950 y es un organismo especializado de las Naciones Unidas (ONU) para la meteorología (tiempo y clima), la hidrología operativa y las ciencias geofísicas. Desde su creación ha participado importantemente en la seguridad y bienestar de la humanidad; contribuye sustancialmente a la protección de la vida humana y los bienes frente a los desastres naturales, a la salvaguardia del medio ambiente y a la mejora del bienestar económico y social.

La WMO promueve la cooperación para la creación de redes de observaciones meteorológicas, climatológicas hidrológicas y geofísicas, y para el intercambio, proceso y normalización de los datos afines y contribuye a la transferencia de tecnología, la formación y la investigación.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) tiene la misión de proteger la salud de los seres humanos y el medio ambiente, algunas de sus prioridades son:

- El tomar acción sobre el cambio climático
- El mejorar la calidad del aire
- El asegurar la seguridad de las sustancias químicas

La Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) es la primera entidad de gestión privada en nuestro país, que tiene como objetivo acreditar a los organismos de la evaluación de la conformidad: Laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, laboratorios clínicos, unidades de verificación (organismos de inspección), organismos de certificación, Proveedores de Ensayos de Aptitud y a los Organismos Verificadores/Validadores de Emisión de Gases Efecto Invernadero (OVV GEI).

El sistema de calidad del SIMAT y en particular referido a las redes en las que me desempeño, la RAMA y la REDMET, está basado en recomendaciones de la normatividad de las entidades internacionales como la WMO, EPA y nacionalmente la EMA, para llevar a cabo los métodos de calibración, tanto de la instrumentación meteorológica como de los analizadores de contaminantes empleados en la red de monitoreo ambiental del SIMAT.

Cabe mencionar que por cuestiones de recursos no se ha logrado consolidar un sistema de calidad acreditado en la REDMET, sin embargo, el trabajo que desempeño garantiza datos de calidad, debido a el correcto empleo la metrología que asegura los resultados obtenidos para cada diferente proceso de calibración en cuestión de la exactitud de las mediciones.

### **2.3.- Equipo de calibración para los sensores meteorológicos.**

Los mantenimientos preventivos en la REDMET consisten en la calibración de los sensores meteorológicos con respecto a los equipos de referencia con los que se cuenta (estándar patrón o primario), revisión de la operación del sistema de tierras físicas y los accesorios complementarios que se requieren en la instalación de los sensores, como son fuentes de alimentación de corriente directa, sistema de protectores de línea (fusibles), cableado estructurado, bases, blindajes, conectores e infraestructura en general.

Los equipos de referencia o estándares patrón para los sensores meteorológicos con los que se cuenta son los siguientes:

Tránsito Sokkia 116 036587	Motor Síncrono Young 18811 03323	Disco de torque Young 18310 Sn
Cámara de RH Vaisala HMK15 Sn	Cámara de RH (termómetro) Vaisala 19728HM 5483	
Psicrómetro Cole-Parmer 3312-40 Sn	Termómetro digital Cooper TM99A 417433	

El tránsito o teodolito se utiliza para la alineación del sensor de dirección de viento en 180 [°] norte-sur, se considera la declinación magnética del sitio; el motor síncrono para el sensor de velocidad de viento y el disco de torque para ambos.

La cámara de RH se utiliza para calibrar el sensor de humedad relativa, consta de cuatro sales que generan humedades de 11.3, 33.1, 75.5 y 97.6 [%] a temperatura ambiente (25 [°C]) para sensores de escala de 0 a 100 [%] de humedad relativa y se mide la temperatura de cada cámara de tal manera que se trata de mantener una temperatura homogénea. El psicrómetro mide la humedad relativa ambiente; el siguiente cuadro muestra el nombre de las diferentes sales empleadas:

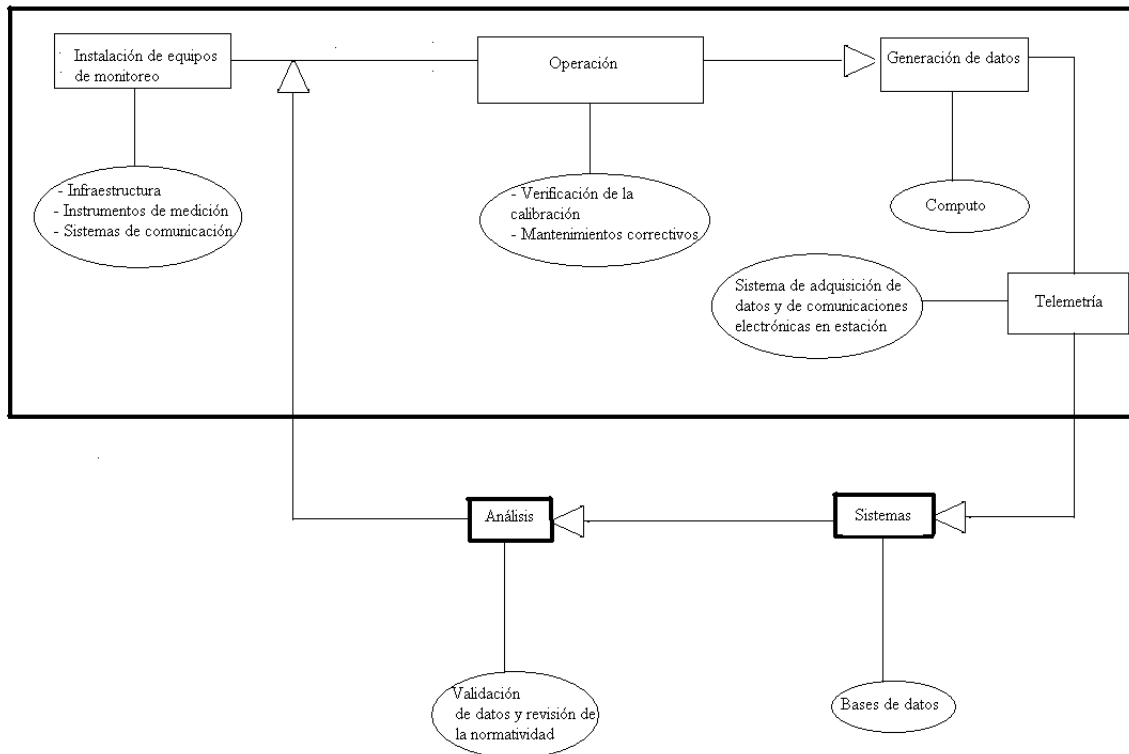
Nombre de la sal	Fórmula	Generación de humedad	de tolerancias
Cloruro de Litio	LiCl	11%	+ - 1.3%
Cloruro de Magnesio	MgCL <sub>2</sub>	33%	+ - 1.2%
Cloruro de Sodio	NaCl	75%	+ - 1.5%
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	97%	+ - 2.0%

El termómetro digital se utiliza para las pruebas de temperatura en tres puntos dentro del rango de operación del sensor en cuestión.

La WMO, la EPA y la EMA sugieren la metodología que se emplea para llevar a cabo el procedimiento de la calibración de los sensores meteorológicos y que también son recomendados por los fabricantes.

Muestro a continuación un diagrama de procesos del subsistema de monitoreo bajo un protocolo basado en las normas internacionales y nacionales que son parte intrínseca del sistema de calidad.

## Monitoreo: RAMA y REDMET



**Figura 28.-** Diagrama de procesos del subsistema denominado monitoreo

El proceso que denoto como operación hace mayor énfasis en las labores que realizo, a continuación ilustro los métodos empleados y análisis de la información obtenida para cada sensor de la REDMET y de radiación solar.

**Calibración: procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que debería indicar de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido, para esto es necesario que el instrumento patrón de referencia debe ser de mayor precisión que proporcione el valor convencionalmente verdadero.**

Es importante mencionar que las entidades de normalización vigentes (nacionales e internacionales) plantean los requerimientos necesarios para la operación de un laboratorio y equipos destinados a la medición, los métodos y procedimientos de ensayos y/o calibraciones desarrollados por los laboratorios para garantizar un sistema de gestión de la calidad.

Es ideal que cada laboratorio para ser acreditado nacional e internacionalmente cuente con sus propios sistemas de calibración o patrones primarios (equipos de referencia), patrones secundarios para la transferencia de la calibración a patrones terciarios o de trabajo; aclarando este punto, la REDMET cuenta con equipos patrones de referencia (primarios) y que se utilizan como patrones terciarios (o de trabajo) para llevar a cabo los métodos y procedimientos de calibración en sitio a los equipos de medición en cuestión (sensores de temperatura ambiente,

humedad relativa, velocidad y dirección de viento, así como para los sensores de radiación solar). Se realiza de esta manera debido a la falta de recursos para la obtención de equipos patrones (estándar primario) y que frena la acreditación ante las entidades de normalización en el ámbito metrológico.

Se expone a continuación los métodos y procedimientos empleados en la calibración de la instrumentación de la REDMET y radiación solar.

### **2.3.1.- Método de calibración del sensor de temperatura ambiente.**

Las pruebas consisten en hacer mediciones del sensor dentro de su rango de operación realizando tres pruebas: baño frío, baño caliente y pruebas ambiente, para lo cual el formato requerido es el siguiente, **figura 29**:



<b>SENSOR</b>		
TEMPERATURA		
Marca: Vaisala	Modelo: HMP60	Serie: F2850109
Altura del sensor: 4[m]	Unidades: [°C]	Intervalo de operación: -40.0 a 60.0
<b>CALIBRADOR</b>		
TIPO DE TERMOMETRO:		
Marca: Cooper	Modelo: TM99A	Serie: 417433

### RESULTADOS DE LA CALIBRACION

REFERENCIA	LECTURA DEL SENSOR °C	TERMOMETRO DIGITAL °C	VALOR REAL °C	DIFERENCIA Real – Sensor	PROMEDIO DE LA DIFERENCIA
BANO FRIO	4.8	6.1	6.1	1.3	1.3
	4.9	6.2	6.2	1.3	
	4.9	6.3	6.3	1.4	
TEMPERATURA AMBIENTE	24.4	24.4	24.4	0.0	0.1
	24.0	24.2	24.2	0.2	
	24.0	24.1	24.1	0.1	
BANO CALIENTE	58.3	58.7	58.7	0.4	0.46
	58.2	58.7	58.7	0.5	
	58.1	58.6	58.6	0.5	

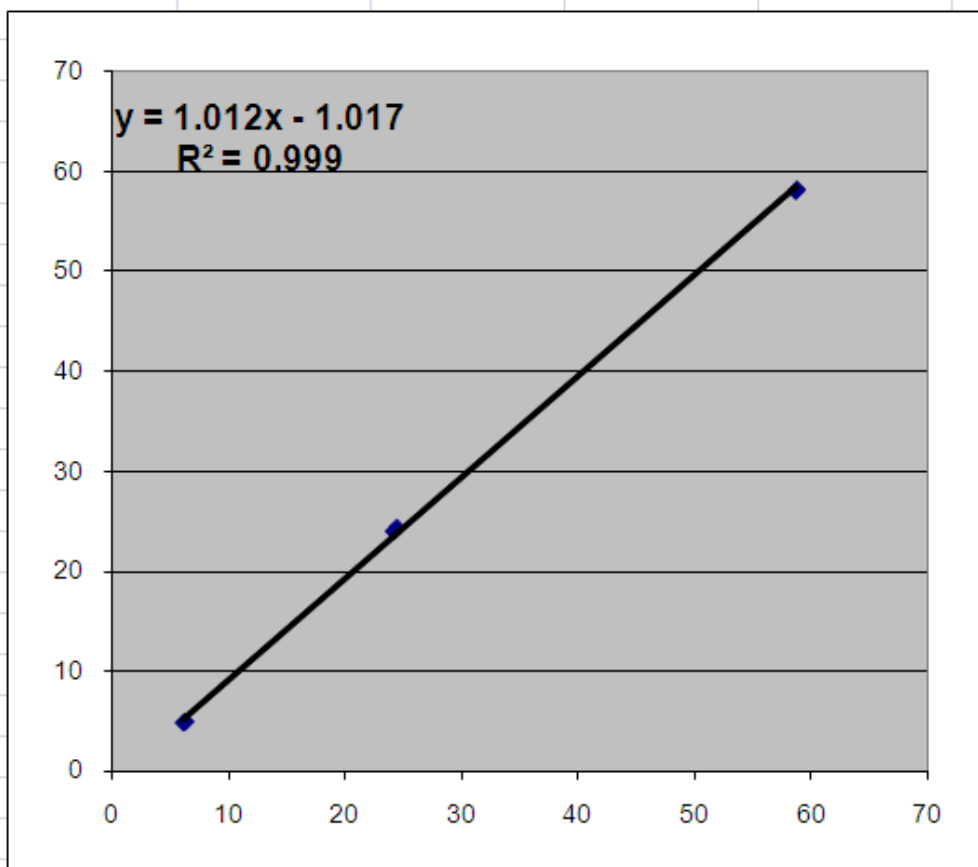
#### CURVA DE CALIBRACIÓN:

Pendiente: 1.012      Ordenada: -1.017      R: 0.999

**Figura 29.-** Hoja de verificación de la calibración del sensor de temperatura ambiente, realizando las pruebas secundarias en campo (baño frío, baño caliente y prueba ambiente)

Posteriormente se analiza la información obtenida y se concluye con respecto a la operación del sensor en cuestión, **figura 30:**

MED	REAL			
4.8	6.1		1.3	
4.9	6.2		1.3	1.333333
4.9	6.3		1.4	
24.4	24.4		0.0	
24	24.2		0.2	0.1
24.0	24.1		0.1	
58.3	58.7		0.4	
58.2	58.7		0.5	0.466667
58.1	58.6		0.5	



**Figura 30.-** Datos generados en el proceso de calibración de un sensor de temperatura ambiente.

## 2.3.2.- Método de calibración del sensor de humedad relativa.

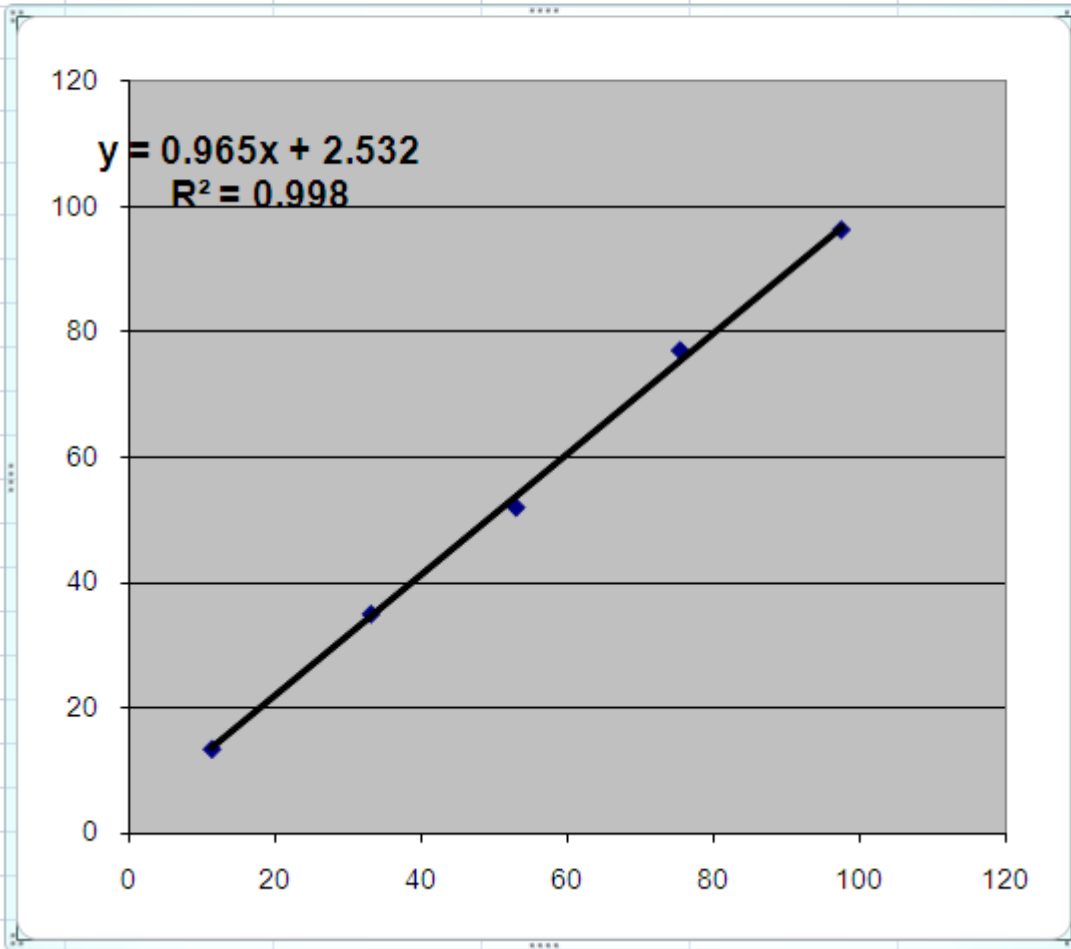
Las pruebas consisten en sumergir el sensor en cámaras de sales que generan cierta humedad, tal como se muestra en el formato correspondiente, y una prueba ambiente por medio de psicrómetro, **figura 31**. Las sales se rempazan anualmente para garantizar su veracidad.

SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA								
Marca: Met One    Modelo: 083E-1-6    Serie: P13364								
Altura del sensor: 4[m]    Fecha última calibración / por: 20-02-13; J. Lonche								
Último mantenimiento al Radiation Shield: 20-02-13								
CALIBRADOR								
Marca: Vaisala    Modelo: HMK15    Serie: _____								
% HR de la mezcla:								
Punto bajo: 11.3%    Punto alto: 97.6%								
Datos de calibración del termómetro:								
Marca: Vaisala    Modelo: 19728HM    Serie: 5483								
Última calibración: _____    Pendiente: 0.965    Ordenada: 2.532    R: 0.998								
RESULTADOS DE LA CALIBRACION								
PUNTO DE CALIBRACION	TEMP. [C]	%HR DE LA CAMARA	%HR DEL SENSOR (SIN AJUSTAR)	VOLTAJE (volts)	DIFERENCIA (%HR)	%HR DEL SENSOR (DESPUES DE AJUSTAR)	VOLTAJE (volts)	DIFERENCIA (%HR)
BAJO	25	11.3	13.5	0.135	-2.2			
MEDIO	25	33.1	35	0.350	-1.9			
ALTO 1	25	75.5	77	0.770	-1.5			
AMBIENTE	23.2	53	52	0.520	1			
ALTO 2	24.4	97.6	96.2	0.962	1.4			

**Figura 31.-** Hoja de calibración del sensor de humedad relativa ambiente, realizando las pruebas en campo (pruebas con sales y psicrómetro)

Posteriormente se analizan los datos generados y se concluye respecto a la operación del sensor, **figura 32**.

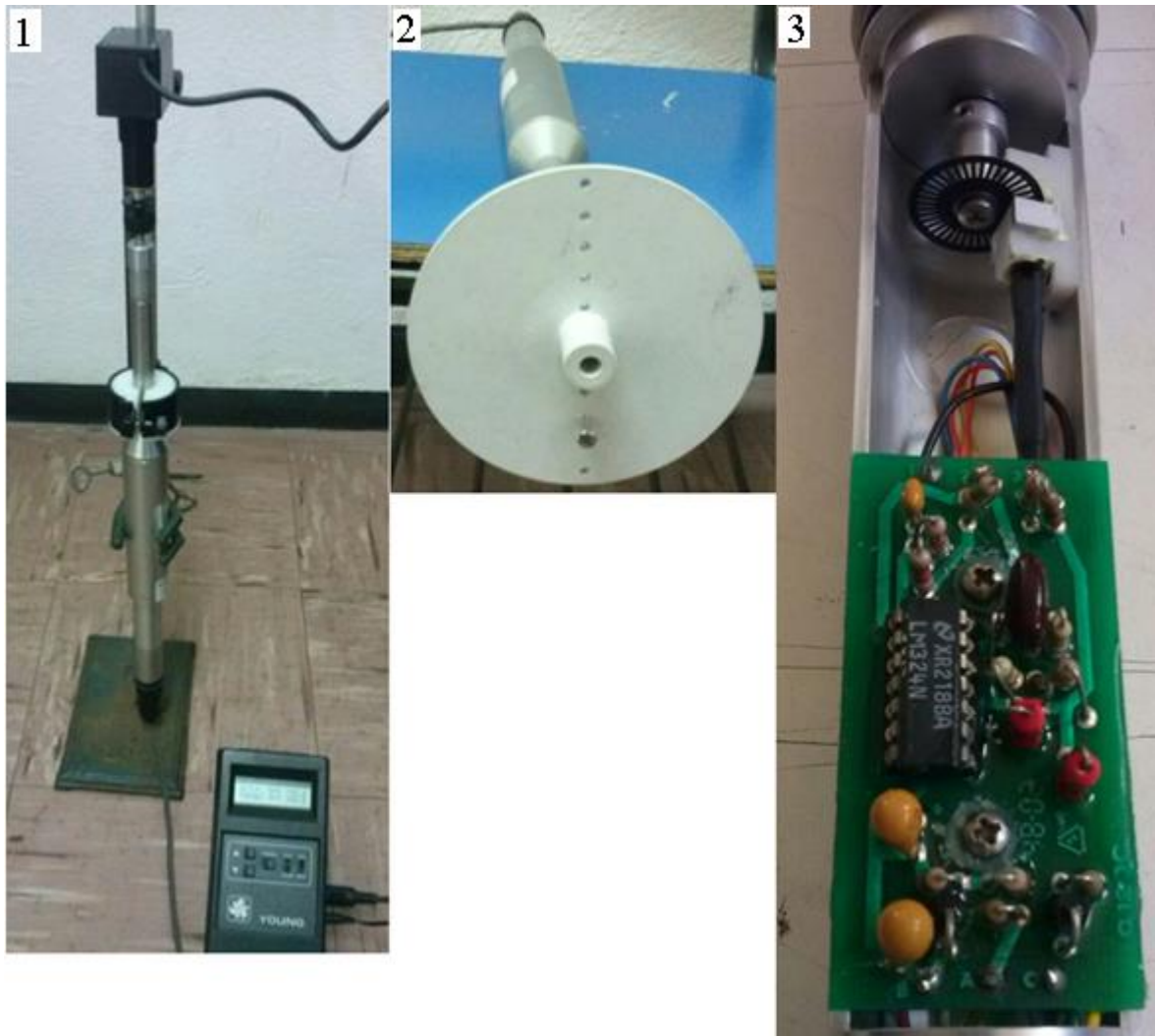
MED	REAL	
13.5	11.3	<b>-2.2</b>
35	33.1	<b>-1.9</b>
77	75.5	<b>-1.5</b>
52	53	<b>1.0</b>
96.2	97.6	<b>1.4</b>



**Figura 32.-** Datos generados en el proceso de calibración de un sensor de humedad relativa ambiente.

### 2.3.3.- Método de calibración del sensor de velocidad de viento.

El método de calibración de este sensor emplea el motor síncrono y el disco de torque, a continuación se muestra la imagen, **figura 33**, de dicho proceso y el circuito electrónico que contiene el sensor.



**Figura 33.-** 1) Motor síncrono, 2) disco de torque y 3) circuito electrónico del sensor.

La hoja correspondiente de calibración se muestra a continuación, **figura 34**:

<b>SENSOR DE VELOCIDAD DE VIENTO</b>		
Marca: Met One	Modelo: 010C	Serie: C2094
Altura del sensor: 10 [m]	Última calibración por: J. Lonche	
Unidades: MPH	Intervalo de operación: 0 a 100	
<b>CALIBRADOR</b>		
<b>Disco de Torque</b>		
Marca: Young	Modelo: 18310	Serie: _____
<b>Motor síncrono variable</b>		
Marca: Young	Modelo: 18811	Serie: 03323

**RESULTADOS DE LA CALIBRACION**

Torque de arranque: 3 g cm

RPM	VALOR ESPERADO	LECTURA EN EL DATALOGGER	DIFERENCIA
0	0.0 mph ( 0.0 mps )	0.1	-0.1
100	6.6 mph ( 2.9 mps )	6.5	0.1
300	18.5 mph ( 8.3 mps )	18.5	0.0
500	30.4 mph ( 13.6 mps )	30.4	0.0
700	42.3 mph ( 18.9 mps )	42.4	-0.1
800	48.3 mph ( 21.6 mps )	48.3	0.0
990	59.6 mph ( 26.6 mps )	59.6	0.0

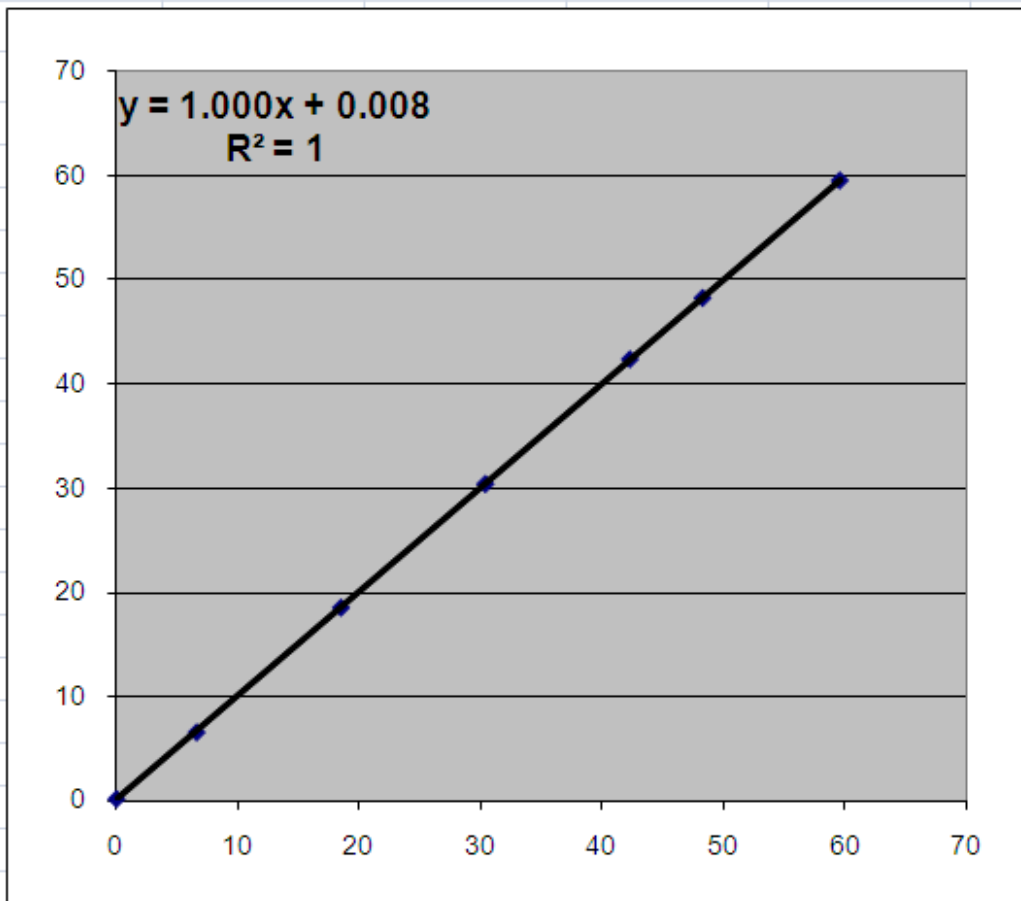
**Regresión lineal:**

Pendiente: 1.000 Ordenada: 0.008 R: 1.000

**Figura 34.-** Hoja de calibración del sensor de velocidad de viento, realizando las pruebas en campo (motor síncrono variable y disco de torque)

Posteriormente se analizan los datos obtenidos y se concluye respecto a la operación del sensor en cuestión, **figura 35.**

	MED	REAL	
	0.1	0	<b>-0.1</b>
	6.5	6.6	<b>0.1</b>
	18.5	18.5	<b>0.0</b>
	30.4	30.4	<b>0.0</b>
	42.4	42.3	<b>-0.1</b>
	48.3	48.3	<b>0.0</b>
	59.6	59.6	<b>0.0</b>



**Figura 35.-** Análisis de los datos generados por el sensor de velocidad de viento.







**SENSOR DE DIRECCION DE VIENTO**

Marca: Met One      Modelo: 020C      Serie: C183.5  
 Altura del sensor: 10[m]      Última calibración por: J. Lonche  
 Unidades: GRADOS      Intervalo de operación: 0 a 360

**CALIBRADOR  
Disco de Torque**

Marca: Young      Modelo: 18310      Serie: \_\_\_\_\_  
**Tránsito**  
 Marca: Sokkia      Modelo: 116      Serie: 036587  
 Declinación magnética del sitio: 6.5 ° E O

	Condiciones iniciales	Condiciones finales
Dirección de alineación del brazo de soporte con relación al norte verdadero	6.0 ° E	6.5 ° E
Lectura en datalogger (alineado con el brazo de soporte)	180 °	180 °
Valor actual del Azimut		

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Torque de arranque: 1.2 g cm

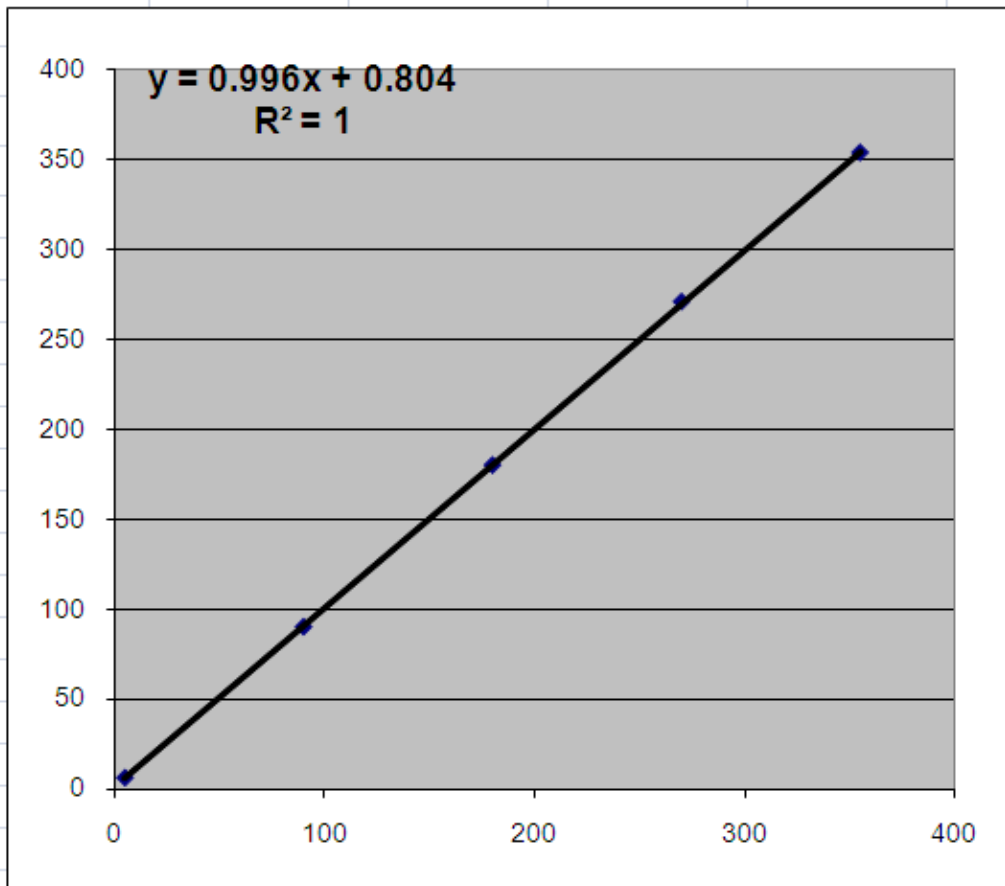
GRADOS	LECTURA DEL DATALOGGER (volts)	LECTURA DEL DATALOGGER (grados)	DIFERENCIA (grados)
005	0.077	6	-1
090	1.260	90	0
180	2.499	180	0
270	3.780	271	-1
355	4.920	354	1

**Regresión lineal:**

Pendiente: 0.996      Ordenada: 0.804      R: 1.000

**Figura 37.-** Hoja de calibración del sensor de dirección de viento, realizando las pruebas en campo (compas de 360[°], disco de torque y teodolito para su instalación y alineación considerando la declinación magnética del Distrito Federal, aproximadamente 6.5 [°] E).

	MED	REAL	
	6	5	-1.0
	90	90	0.0
	180	180	0.0
	271	270	-1.0
	354	355	1.0

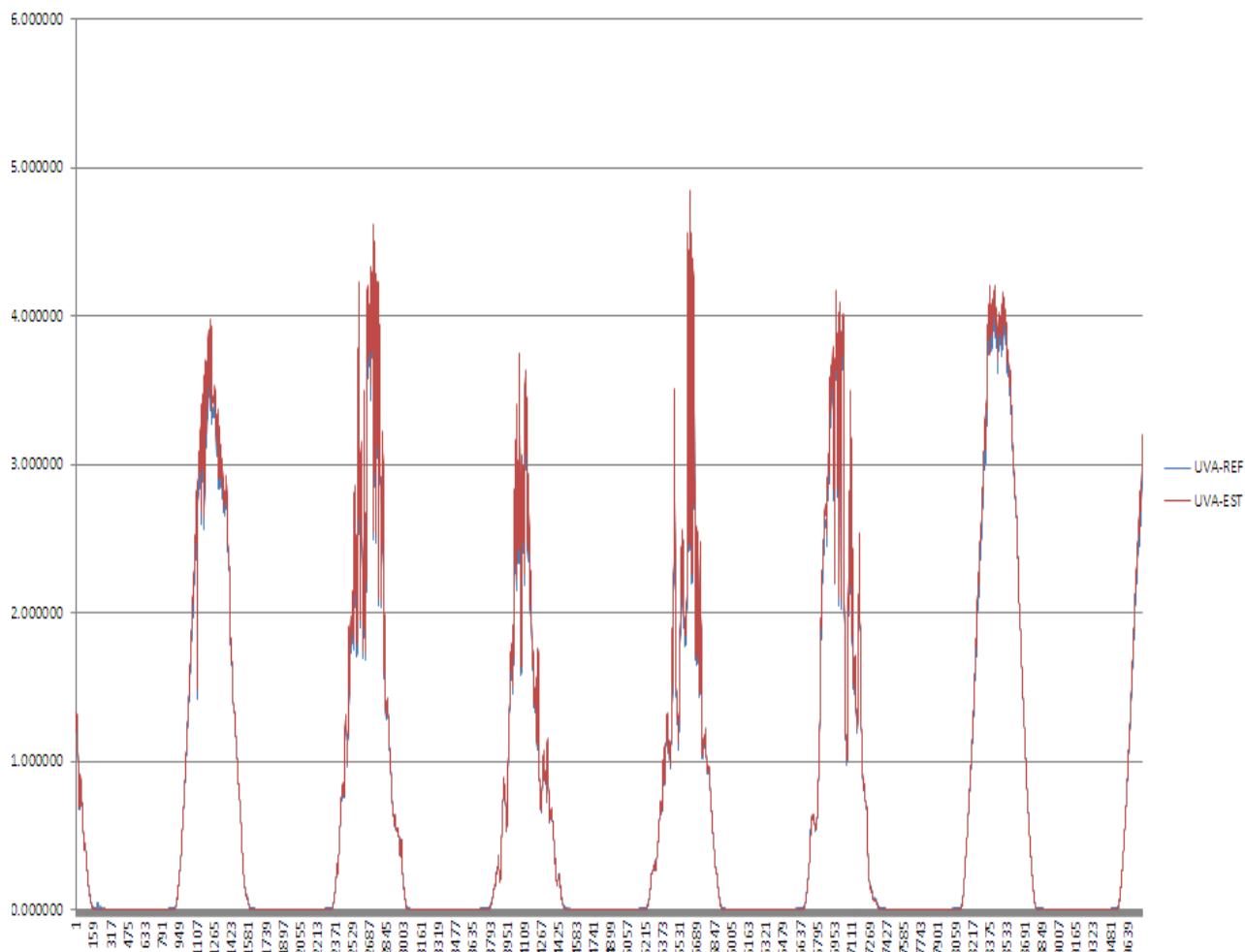


**Figura 38.-** Análisis de datos generados de un sensor de dirección de viento.

Nota: Cabe mencionar que el proceso de calibración y los mantenimientos preventivos se realiza dos veces por año en sitio (estación); en el caso donde el sensor requiere ser ajustado se canaliza a laboratorio para hacerlo. Para los sensores de TMP y RH el ajuste se hace matemático, por factor de corrección y para los sensores de viento se repara electrónicamente.

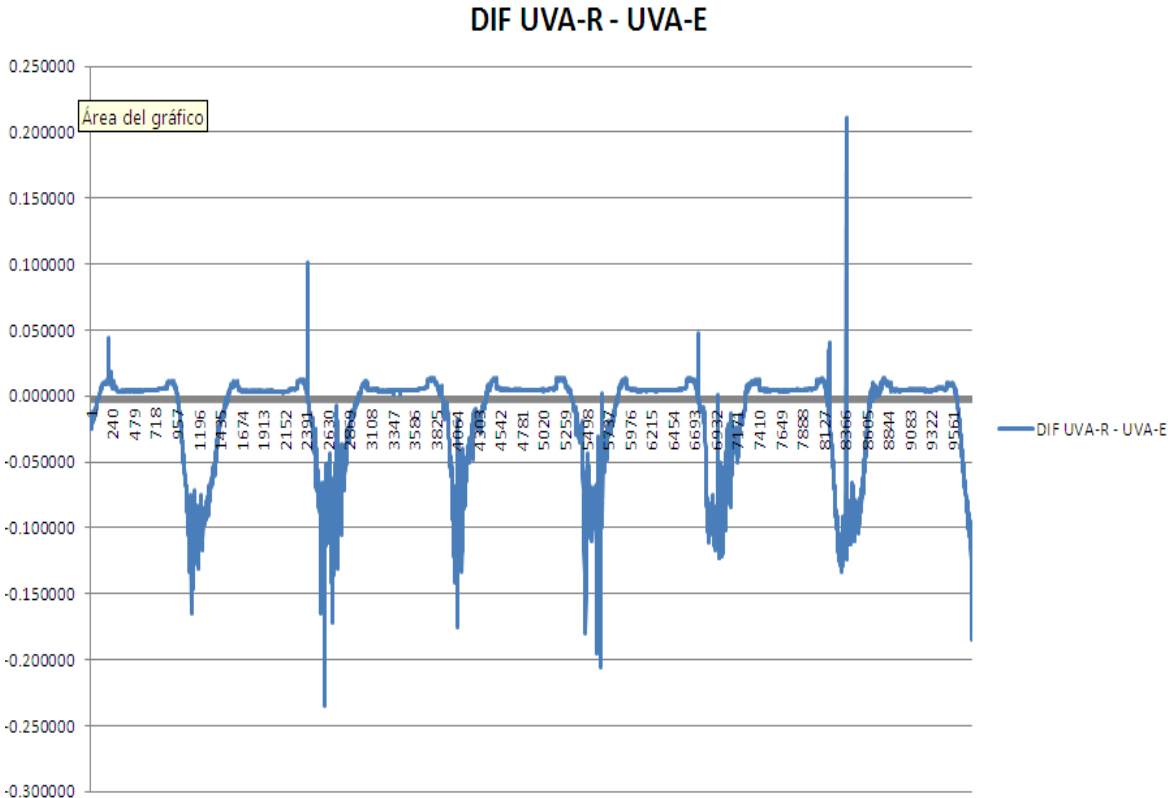
## 2.4.- Método de calibración de los sensores de radiación solar.

Para la calibración de los sensores de radiación solar (UV-A, UV-B y RG) se realiza la instalación de sistemas paralelos (patrones primarios) en estación, con la finalidad de generar por lo menos cinco días de datos; este sistema paralelo consta de sensores de radiación solar (UV-A, UV-B y RG de referencia), previamente certificados, un adquisidor de datos y los respectivos accesorios de los sensores. Para garantizar la correcta generación de datos, se garantiza que los sensores de referencia se encuentren bajo las mismas condiciones de operación en los cuales se encuentran los sensores de estación. Se muestra a continuación análisis gráfico del comportamiento de un sistema paralelo de 6 días de datos, **figura 39**, para un sensor de radiación ultravioleta tipo A (UV-A):

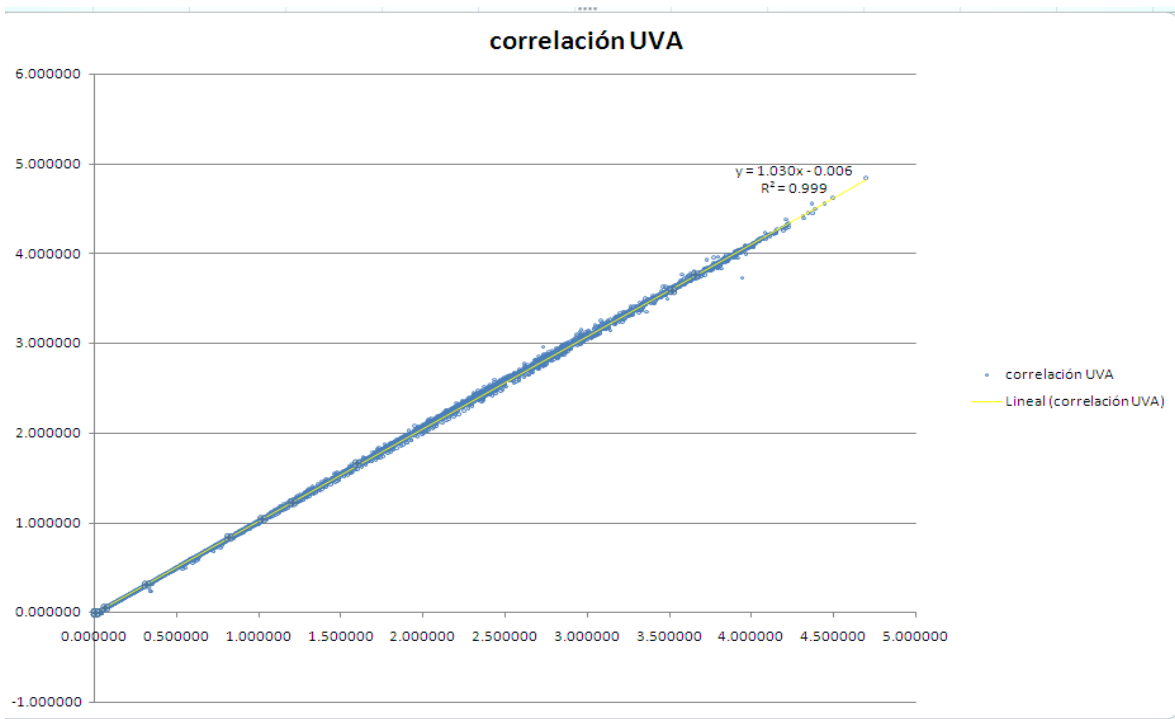


**Figura 39.-** 6 días de datos generados para un sistema paralelo de radiación ultravioleta tipo A.

La **figura 40** muestra la gráfica de diferencias presentadas entre el sensor patrón y el sensor de estación y la **figura 41** se muestra la gráfica de correlación de los datos generados.



**Figura 40.-** Diferencias del paralelo de UV-A: la referencia – el de estación; el caso muestra diferencias considerables por lo que se genera corrección.



**Figura 41.-** Grafica de correlación para el sistema paralelo de UV-A.

Cabe mencionar que el proceso es idéntico para la calibración de los sensores de radiación ultravioleta tipo B (UV-B) y radiación global (RG).

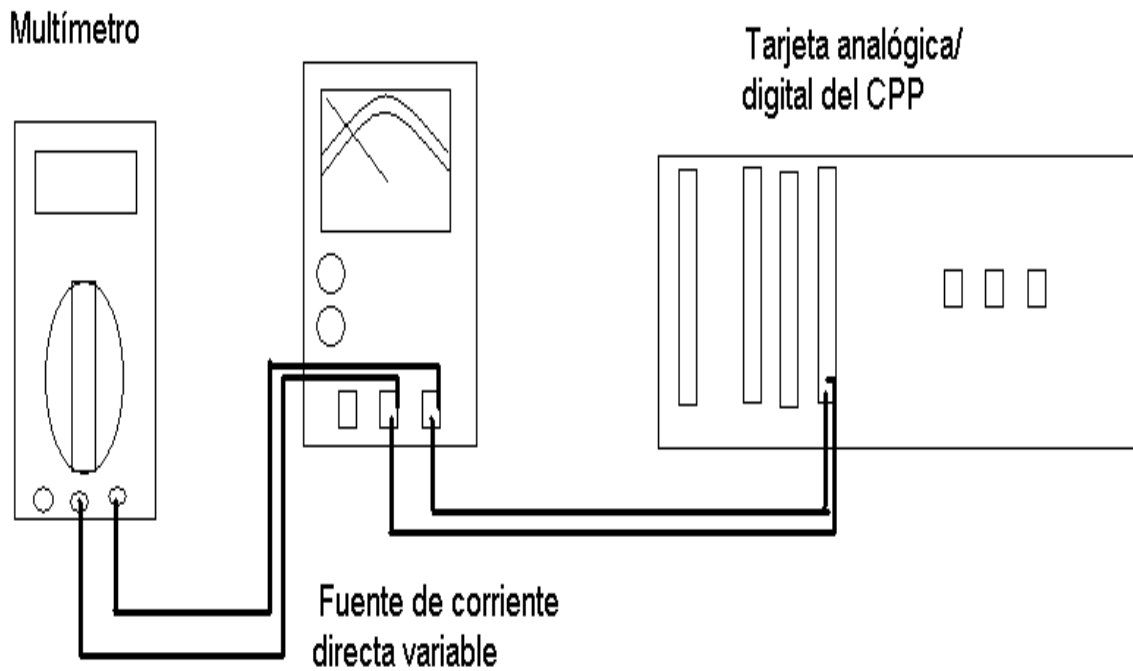
## 2.5.- Método de la calibración del multi-sensor ultrasónico.

Para dicho proceso se utiliza un multi-sensor de referencia certificado (patrón primario) y se instala en estación como sistema paralelo bajo las mismas condiciones, con la finalidad de generar por lo menos 5 días de datos y posteriormente se analiza la información generada en bases de datos, tal como se realiza con los sensores meteorológicos analógicos y de radiación solar.

## 2.6.- Método de calibración de los puertos analógicos del sistema de adquisición de datos (CPP).

El proceso de calibración del CPP consiste en verificar la operación de la tarjeta analógica- digital para corroborar la veracidad de los datos generados por los sensores analógicos meteorológicos; el proceso consiste en introducir tensiones de corriente directa entre 1 y 10 [V], empleando para ello un multímetro de referencia (patrón primario) y una fuente de corriente directa variable, el esquema

lo muestro a continuación, **figura 42**:



**Figura 42.** Diagrama esquemático del proceso de calibración de los puertos analógicos del CPP.

Muestro a continuación el formato requerido para este proceso, **figura 43**, en caso de que la tarjeta analógica no cumpla con las especificaciones de tolerancias permisibles es necesario ajustar, a partir de ajuste por potenciómetro de la propia tarjeta o digitalmente por reconfiguración de la programación del CPP.

### Calibración de canales A/D del H2NS-CPP2001

Técnico: JOSÉ LONCHE B. Ubicación: \_\_\_\_\_ Laboratorio Fecha: 29-09-2014

No. Serie: R2290N No. Tarjeta: ----- Última Cal.: REPARADO por: J. LONCHE

Archivo de información de la Calibración: \_\_\_\_\_

Voltaje en el Jumper J - 16 (0.515Vcd) Inicial: \_\_\_\_\_ Final: \_\_\_\_\_

El puente J - 6 se encontró en la posición correcta? Si ( ) No ( )

Indique la calibración efectuada: Cero ( / ) 1 V ( / ) 5 V ( / ) 10 V ( / )

#### PRUEBAS DE RESPUESTA DE VOLTAJE

PRUEBA INICIAL REQUIERE CALIBRACION? SI ( ) NO (  )

0 - 1 V ( $\leq 0.002V$ )			0 - 5 V ( $\leq 0.01V$ )			0 - 10 V ( $\leq 0.02V$ )		
Voltaje Aplicado	Respuesta	Diferencia	Voltaje Aplicado	Respuesta	Diferencia	Voltaje Aplicado	Respuesta	Diferencia
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.01 / 0.012	0.012	0	0.05 / 0.0518	0.0540	-0.0022	0.05 / 0.0513	0.060	-0.0087
0.05	0.050	0	0.50 / 0.483	0.482	0.001	0.95 / 0.955	0.950	0.005
0.25 / 0.268	0.268	0	0.95 / 0.922	0.921	0.001	2.50 / 2.55	2.55	0
0.50 / 0.525	0.525	0	2.50 / 2.455	2.452	0.003	4.95 / 5.01	5.01	0
0.75 / 0.737	0.736	0.001	4.00 / 4.012	4.007	0.005	7.50 / 7.53	7.54	-0.01
0.95 / 0.969	0.968	0.001	4.95 / 4.909	4.902	0.007	9.95 / 9.962	9.962	0
Promedio:		-			-			-

#### POSTERIOR A LA CALIBRACION

0 - 1 V ( $\leq 0.002V$ )			0 - 5 V ( $\leq 0.01V$ )			0 - 10 V ( $\leq 0.02V$ )		
Voltaje Aplicado	Respuesta	Diferencia	Voltaje Aplicado	Respuesta	Diferencia	Voltaje Aplicado	Respuesta	Diferencia
0			0			0		
0.01			0.05			0.05		
0.05			0.50			0.95		
0.25			0.95			2.50		
0.50			2.50			4.95		
0.75			4.00			7.50		
0.95			4.95			9.95		
Promedio:								

Observaciones: La tarjeta analógica digital no requiere ser calibrado debido a que las diferencias son despreciables y no son significativas según las especificaciones del CPP, (resolución del CPP en [mV])

**Figura 43.-** Hoja de calibración de los puertos analógicos del CPP.

Nota: Es importante posterior a cada proceso de calibración concluir con respecto a la operación del equipo en cuestión y se realiza en base a las especificaciones de cada instrumento y sus tolerancias permisibles; se aplican criterios de aceptación de acuerdo a lo acordado por nuestro propio sistema de calidad, considerando lo anterior, existen dos opciones que el sensor cae dentro de las

tolerancias permisibles y se deja operar o el sensor se encuentra desviado y se tiene que ajustar, el ajuste es matemático.

## **Capítulo 3.**

### **Resultados.**

La formación profesional que recibí por parte de la Facultad de Ingeniería ha cosechado los frutos en el ámbito laboral, el compromiso que tengo con la sociedad mexicana de hacer lo correcto y hacerlo bien, con finalidad de servir a la población, son algunas de las mayores aportaciones que he logrado en el área que me desempeño, generando datos de calidad en la REDMET y la transferencia ininterrumpida de información generada por cada una de las estaciones de monitoreo atmosférico que integran la RAMA, con lo que se genera el IMECA cada hora y diariamente.

Es primordial destacar la ética profesional con la que desempeño mis actividades en la RAMA y la REDMET, la responsabilidad y dedicación que tengo con los equipos que opero, garantizando así un producto de calidad como son los datos generados. En general mi desempeño laboral se basa en la asimilación de las tecnologías empleadas, tomando como referencia los manuales de operación para la correcta operación de dichos equipos, así como de normas internacionales para asegurar la generación de datos correctos, verificando la calibración de los diferentes sensores empleados y el sistema de adquisición de datos.

Algunos métodos empleados son los propuestos por fabricantes y normas internacionales para calibrar los sensores de la REDMET, cabe mencionar que gran parte de los procesos preventivos implican la toma de decisiones con respecto a la operación de los equipos en estaciones. Otras metodologías empleadas son los procesos correctivos para la reparación y/o diagnóstico de fallas de los sensores de la REDMET, el sistema de adquisición de datos y las comunicaciones electrónicas, considerando estas dos últimas partes como parte intrínseca de la RAMA.

### **Conclusiones.**

El trabajo desempeñado en la REDMET y el área de telemetría bajo un sistema que garantiza datos de calidad es la mejor aportación que he venido realizando a lo largo de mi desempeño profesional en el ámbito laboral en el SIMAT.

El conocimiento adquirido en los procesos de verificación de las calibración de la instrumentación meteorológica amplió significativamente los criterios personales, la experiencia en la solución de problemas y tomas de decisiones son algunas de virtudes que desarrolle en el ámbito laboral.



Garantizar la trasmisión de la información desde las estaciones de monitoreo al centro de cómputo es un reto que día a día se va superando y se adquiere nuevo conocimiento, el sistema de adquisición de datos y las comunicaciones electrónicas son físicamente abordables en cuestión de electrónica, el problema se complica cuando la situación es intangible y se realizan pruebas digitales hasta resolver o encontrar el problema.

El trabajo desarrollado en la asimilación e integración de las nuevas tecnologías al sistema con el que cuenta el SIMAT, es una de las mayores experiencias que logre obtener, el área en la que me desempeño es vanguardista y me obliga a la actualización continua en nuevas generaciones de instrumentación meteorológica, sistemas de adquisición de datos y comunicaciones electrónicas.

## **Referencias.**

Hojas de especificación y manuales de operación de la instrumentación utilizada:

<http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/>

<http://www.h2ns.com/cpp4794.html>

[http://www.vaisala.com/en/industrialmeasurements/products/humidity/modules\\_oem/Pages/HMP60.aspx](http://www.vaisala.com/en/industrialmeasurements/products/humidity/modules_oem/Pages/HMP60.aspx)

<http://www.vaisala.com/en/industrialmeasurements/products/weather/Pages/WXT520.aspx>

[http://www.metone.com/documents/010c\\_ws\\_-\\_020c\\_wd\\_sensors.pdf](http://www.metone.com/documents/010c_ws_-_020c_wd_sensors.pdf)

<http://www.metone.com/documents/034B%20Wind%20Sensor.pdf>

<http://solarlight.com/product/uva-uvb-sensor-non-weighted-pma-1107/>

<http://solarlight.com/product/uvb-biometer-model-501-radiometer/>

<http://www.hukseflux.com/product/sr20-pyranometer>

[https://www.wmo.int/pages/index\\_es.html](https://www.wmo.int/pages/index_es.html)

<http://www.epa.gov/>

Se anexa glosario de los términos utilizado es este reporte profesional:

## **Glosario.**

**Acidez:** Es la cualidad de un ácido, presentan sabor agrio, liberan hidrógeno, pH de 0 a 6.99. La escala más común para cuantificar la acidez o la basicidad es el pH, que solo es aplicable para disolución acuosa.

**Agencia de Protección Ambiental del inglés Environmental Protection Agency, EPA;** tiene la misión de proteger la salud de los seres humanos y el medio ambiente (organismo de los Estados Unidos).

**Análisis gravimétrico:** Consiste en determinar la cantidad proporcionada de un elemento, radical o compuesto presente en una muestra, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo el constituyente o componente deseado en un compuesto de composición definida, que sea susceptible de pesarse; ejemplos: método por precipitación, método por volatilización o método por electrodeposición.

**Anemómetro:** Es un aparato meteorológico que se usa para la predicción del clima y específicamente para medir la velocidad del viento, pueden ser de cazoletas o de molinete.

**Baño caliente:** Para esta prueba se utiliza una resistencia que calienta el agua a la temperatura más alta a la que puede operar el sensor, para el caso de los sensores Vaisala su rango de operación es de -40.0 a 60.0 [°C] y para los Met One de -50.0 a 50.0 [°C], la temperatura alta la referencio con mi sensor patrón (termómetro digital), posteriormente sumerjo los sensores en el agua caliente dentro de un guante de látex y espero a que lleguen a su medición más alta y tomo la lectura para ambos sensores y dos más cada minuto cuando empieza a descender su medición, lleno el apartado correspondiente en la hoja de verificación de la calibración.

**Baño frío:** Esta prueba contempla sumergir la punta del termómetro digital (termómetro de referencia) junto con el sensor de estación a verificar su calibración en agua con hielo, para esto, ambos sensores no deben hacer contacto con el agua, debido a que el sensor de estación puede dañarse, ya que no cuenta con un blindaje hermético que lo proteja contra el agua (su cabezal es un filtro), utilizo un guante de látex para evitar que se mojen y que ambos sensores estén en las mismas condiciones; el objetivo es llegar a tomar la medición más baja para ambos sensores y tomar tres valores cada minuto para verificar su cambio a temperaturas cercanas a cero y su respectivo incremento, se llena la hoja de verificación en el apartado correspondiente.

**Blindaje de radiación solar:** Es un contenedor que resguarda al sensor de temperatura y humedad relativa ambiente para protegerlo de la lluvia y los rayos solares; montado en la torre meteorológica a una altura de 4 metros sobre la base de la estación de monitoreo atmosférico; el blindaje puede ser de dos formas, tipo plato ó tipo bazuca, ambos modelos de blindaje son de aire forzado (aspirado), lo cual se explica por qué cuentan con un ventilador que extrae el aire del medio ambiente y hace que fluya a través del sensor dual (temperatura y humedad relativa) y de esta manera obtenemos una medición más real de estos dos parámetros; dichos blindajes son aislados de la estructura de la torre meteorológica con un soporte de plástico (tubo PVC de pared gruesa) con la finalidad de protegerlos de cualquier descarga atmosférica.

**Cableado estructurado:** Consiste en el tendido de cables de par trenzado UTP/STP en el interior de un edificio con el propósito de implementar una red de área local.

**Calcio:** Es un elemento químico de símbolo Ca y su número atómico 20.

**Calibración:** procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que debería indicar de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido, para esto es necesario que el instrumento patrón de referencia debe ser de mayor precisión que proporcione el valor convencionalmente verdadero.

**Cámaras de RH:** Ó cámaras de sal, son recipientes que contienen soluciones salinas que generan humedades de 11.3, 33.1, 75.5 y 97.3[%] para realizar la verificación de la calibración del el sensor de humedad relativa.

**Cambio climático:** De acuerdo a las naciones unidas, se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables.

**Cazoletas:** Componente mecánico de 3 copas donde inciden las ráfagas de viento y generan el movimiento para que el sensor de velocidad lo registre.

**CICA:** Centro de Información de la Calidad del Aire, subsistema de la dirección de monitoreo atmosférico de la ciudad de México encargada de realizar el monitoreo de las estaciones que conforman el SIMAT, genera el IMECA, realiza publicaciones y da seguimiento al proceso de monitoreo.

**Climatología:** Rama de las ciencias de la tierra que se ocupa del estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo cronológico.

**Cloruros:** Son compuestos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación formal-1. Por lo tanto corresponden al estado de oxidación más bajo de este elemento ya que tiene completado la capa de valencia con ocho electrones.

CO: Monóxido de carbono, también denominado óxido de carbono (II), gas carbonoso y anhídrido carbonoso, es un gas inodoro, incoloro y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados; se produce por la combustión de sustancias como gas, gasolina, keroseno, petróleo, tabaco o madera.

Comunicación serial: es una interfaz de comunicación por puerto serial de datos digitales, frecuentemente utilizado por computadoras y periféricos, donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez.

Conductividad: La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad (o de la aptitud) de un material para dejar pasar (o dejar circular) libremente la corriente eléctrica; depende de la estructura atómica y molecular del material. La conductividad depende de otros factores físicos del propio material y de la temperatura.

Contaminantes: Se definen como todos los elementos, compuestos o sustancias, su asociación o composición, derivado químico o biológico, así como cualquier tipo de energía, radiación, vibración o ruido que, incorporados en cierta cantidad al medio ambiente y por un periodo de tiempo tal, pueden afectar negativamente o ser dañinos a la vida humana, salud o bienestar del hombre, a la flora y la fauna, o causen un deterioro en la calidad del aire, agua y suelos, paisajes o recursos naturales en general.

Convertidor RS232 a TCP/IP: Dispositivo de interfaz mediante el cual se convierte de protocolo de comunicación serial RS232 a protocolo de comunicación TCP/IP.

CPP: Del inglés Communications Protocol Processor, módulo adquisidor de datos de la marca H2NS que permite la adquisición y transferencia de datos desde una estación remota hasta un centro de cómputo, es un procesador de señal digital basado en un procesador de protocolo de comunicaciones y sistema de adquisición de datos, la unidad fue diseñada para permitir a los operadores aprovechar las interfaces seriales que ahora se ofrecen por los principales fabricantes de instrumentos.

Data Link: Es un software diseñado para monitoreo ambiental. Además de realizar un poderoso análisis gráfico este paquete de software proporciona la recuperación automática de datos y preparación de informes. Disponible como Data Link/Lite cuando la adquisición de datos es índice preocupación primaria. Proporcionado por H2NS.

Declinación magnética: en un punto de la tierra es el ángulo comprendido entre el norte magnético local y el norte verdadero (o norte geográfico). En otras palabras, es la diferencia entre el norte geográfico y el indicado por una brújula (norte magnético).

Depósito húmedo: Muestra representativa de precipitación pluvial (lluvia).

Depósito seco: Muestra representativa de materia sedimentable (Partículas atmosféricas que se depositan en un contenedor).

Disco de torque: Equipo mecánico utilizado para medir el torque en los cabezales de los sensores de viento, con el objetivo de cuantificar la fuerza aplicada para hacer girar dichos cabezales.

Dispositivo opto-detector: Es uno de los tantos tipos de opto-acopladores para uso especial; existe varios tipos pero los más importantes son los interruptores de ranura ópticos y los sensores reflejantes ópticos. Para el caso del sensor de velocidad de viento, los de ranura tienen el emisor y el sensor insertados en el paquete, este paquete sirve para mantener el alineamiento óptico. El espacio entre ellos forma el área sensible, estos dispositivos tienen la misma función que los optos pero tienen un mecanismo de interrupción mecánico. Este mecanismo puede detectar la presencia d un objeto o su velocidad.

Elemento Peltier: El efecto termoeléctrico es la conversión directa de la diferencia de temperatura a tensión eléctrica y viceversa. Un dispositivo termoeléctrico crea una tensión eléctrica cuando hay una diferencia de temperatura a cada lado. Por el contrario cuando se le aplica una tensión eléctrica, crea una diferencia de temperatura (conocido como efecto Peltier).

Espectro electromagnético: distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas; se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta y la luz visible y los rayos infrarrojos hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda.

Factor de corrección: Ajuste matemático que se aplica para corregir alguna medida y hacer que sea más exacta.

Foto-diodo de GaAsP: Es un semiconductor construido con una unión PN (Galio, Arsénico Y fosforo), sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Debido a su construcción el foto-diodo se comportan como células fotovoltaicas, es decir, en ausencia de luz exterior generan una tensión muy pequeña con el positivo en el ánodo y el negativo en el cátodo.

Geofísica: Es la ciencia que se encarga dl estudio de la tierra desde el punto de vista de la física, abarca todo los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la tierra.

Hidrología: Es una rama de las ciencias de la tierra que estudia las propiedades físicas, químicas y mecánicas del agua continental y marítima, su distribución y circulación en la superficie de la tierra, en la corteza terrestre y en la atmosfera.

H2NS: Fabricante del CPP, se especializan en productos hardware y software enfocados a la adquisición de datos meteorológicos y del medio ambiente.

IMECA: Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, funciona en México como valor de referencia para que la población de grandes ciudades como el Distrito Federal comprenda los niveles de contaminación del aire que prevalecen en su zona de residencia o lugar de trabajo. El IMECA se calcula empleando los promedios horarios de la medición de los contaminantes, ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>).

IUV: Índice ultravioleta, es un indicador de la intensidad de radiación ultravioleta proveniente del sol en la superficie terrestre en una escala que comienza en 0 y no está acotado superiormente. El índice UV también señala la capacidad de la radiación UV solar de producir lesiones en la piel.

LAA: Laboratorio de Análisis Ambiental, encargado de realizar investigación mediante procesos físico-químicos en muestras colectadas con la finalidad de diagnosticar los principales contaminantes y sus fuentes de emisión, subsistema intrínseco del SIMAT.

LE: Laboratorio de Estándares, tiene la función de mantener la calidad de las mediciones atmosféricas, mediante la certificación y verificación de los sistemas de calibración que se componen de calibradores, aires ceros y cilindros con gas de calibración, los cuales deben de estar dentro de los criterios previamente establecido por el laboratorio, los cuales son: de  $\pm 3$  [%] en el punto Span y  $\pm 3$  [PPB] en el punto cero para sistemas de calibración de transferencia. Formando parte del sistema de calidad del SIMAT.

Longitud de onda: es la distancia real que recorre una perturbación en un determinado intervalo de tiempo.

LMMA: Laboratorio Móvil de Monitoreo Atmosférico, es una estación completa (RAMA y REDMET) móvil, que permite monitorear la calidad del aire en tiempos y lugares específicos y forma parte del SIMAT.

Lluvia ácida: Se forma cuando la humedad en el aire se combina con los óxidos de nitrógeno, el óxido de azufre y el trióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas, calderas de calefacción y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo que contengan azufre. En interacción con el agua de la lluvia, estos gases forman ácidos nítricos, ácido sulfuroso y ácido sulfúrico.

Magnesio: Es el elemento químico de símbolo Mg y número atómico 12. Es el séptimo elemento en abundancia constituyendo del orden del 2 [%] de la corteza terrestre y el tercero más abundante disuelto en el agua de mar.

**Mantenimiento correctivo:** Aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

**Mantenimiento preventivo:** Es la destinada a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

**MED/HR:** MED (Minimal Erythemat Dose), se define como la dosis de radiación capaz de producir un enrojecimiento apreciable en una persona de piel catalogada como tipo II;  $1 \text{ [MED]}=210 \text{ [J/m}^2\text{]}$  de irradiación UV efectiva. En muchas ocasiones en vez de dosis mínima se emplea el tiempo necesario para producir dicho enrojecimiento, dado en minutos. En este caso el tiempo es 1 hora. Es la unidad de medida para la radiación UVB que es dañina para la salud.

**Metal pesado:** Es un miembro de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos. Muchas definiciones diferentes han propuesto basarse en la densidad, otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad.

**Meteorología:** Es la ciencia interdisciplinaria, de la física de la atmosfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos allí producidos y las leyes que lo rigen.

**Metrología:** rama de la física que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalización mediante la trazabilidad, haciendo énfasis en el resultado de la medición y la incertidumbre de la medida. Asegura la comparabilidad internacional y la exactitud de las mediciones.

**Modelos de dispersión:** Físicamente, la dispersión es la evolución del estado de los contaminantes respecto a un sistema de referencia, ella depende de muchos factores relacionados como: la naturaleza física-química de los contaminantes, las características meteorológicas del ambiente, el terreno sobre el cual se transportan y se difunden y la altura de las fuentes respecto a la superficie. Los modelos de dispersión de la calidad del aire consisten en un grupo de ecuaciones matemáticas que sirven para interpretar y predecir las concentraciones de contaminantes atmosféricos causadas por la dispersión y por el impacto de las plumas. Estos modelos incluyen en su desarrollo las diferentes condiciones meteorológicas, incluido los factores relacionados con la temperatura, la velocidad de viento, la estabilidad y la topografía (CEPIS 2005). Los modelos matemáticos

de dispersión de contaminantes en la atmosfera, forman tres clases importantes: empíricos, semi-empíricos y numéricos.

Los modelos empíricos se basan en análisis estadísticos de datos obtenidos de calidad del aire, datos de fuentes de emisión y datos meteorológicos registrados para una localidad específica. Los modelos numéricos son obtenidos a partir de las características químicas y físicas, relacionadas con los fenómenos de transporte, difusión, transformación y remoción de contaminantes y, requieren de información científica experimental muy extensa. Los modelos empíricos requieren de una cantidad importante de datos meteorológicos y de una buena base de datos de emisión, y son calificados sobre la base de un análisis de pruebas estadísticas estándar. Por desgracia, solo pueden ser aplicados en las localidades que dieron origen a esas bases de datos, y solo un estudio profundo de los criterios de elaboración de estos modelos puede lograr su extrapolación a otros sitios. Sin embargo, los modelos semi-empíricos, que son una conjugación de las dos primeras clases, son los más utilizados actualmente, tanto por su facilidad de aplicación como por el tiempo requerido para su solución: estos modelos son del tipo gaussiano. Se les llama semi-empíricos porque tienen principios científicos, como el de la conservación de la masa, pero se apoyan en parámetros definidos y obtenidos de manera empírica, tales como los coeficientes de dispersión de los contaminantes (Ruíz, 2002).

Modem: (del inglés modem, acrónimo de modulator - demodulator), es el dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas (modulación) y viceversa (demodulación), permitiendo la comunicación entre computadoras a través de la línea telefónica. Este aparato sirve para enviar la señal moduladora mediante otra señal llamada portadora.

Módulo PTU: Forma parte intrínseca del multi-sensor ultrasónico marca Vaisala. El módulo PTU contiene sensores separados para mediciones de presión, temperatura y humedad relativa, el principio de operación de estas mediciones está basado en un avanzado oscilador RC y dos condensadores de referencia contra el cual se miden continuamente la capacitancia de los sensores. El microprocesador del transmisor realiza la compensación por la dependencia de los sensores de presión y humedad relativa.

El módulo PTU incluye:

Sensor BARICAP capacitancia de silicio para medición de la presión.

Sensor THERMOCAP capacitancia de cerámica para medición de la temperatura del aire.

Sensor HUMICAP película delgada de polímero para la medición de la humedad relativa.

Monitoreo ambiental: Sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos, el monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control (Sors, 1987).

"El monitoreo ambiental no es un fin por sí mismo, sino un paso esencial en los procesos de administración del ambiente" (Rockefeller Foundation, 1977).



Motor síncrono: son un tipo de motor de corriente alterna en el que la rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación; el período de rotación es exactamente igual a un número entero de ciclos de CA. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectada y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo". Este tipo de motor contiene electromagnetos en el estator del motor que crean un campo magnético que rota en el tiempo a esta velocidad de sincronismo.

La expresión matemática que relaciona la velocidad de la máquina con los parámetros mencionados es:

$$n = \frac{60 \cdot f}{P} = \frac{120 \cdot f}{p}$$

donde:

- f: Frecuencia de la red a la que está conectada la máquina (Hz)
- P: Número de pares de polos que tiene la máquina
- p: Número de polos que tiene la máquina
- n: Velocidad de sincronismo de la máquina (revoluciones por minuto)

Muestreadores de referencia: El método de referencia para determinación de la concentración de partículas en aire ambiente es el de muestreo de alto volumen, combinado con el método gravimétrico en laboratorio.

El muestreo de partículas es utilizado, en un principio, para la determinación de la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente. Sin embargo, en muchas ocasiones el filtro con la muestra también es aprovechado para determinar la concentración de otros elementos como: metales pesados, nitratos, sulfatos, entre otros, por medio de análisis en laboratorio.

El método consiste en hacer pasar aire ambiente a una tasa de flujo de aproximadamente 1 metro cúbico por minuto a través de un filtro de fibra de vidrio montado bajo una cubierta protectora que evita que se deposite material directamente sobre el filtro. El muestreo se lleva a cabo de manera continua durante  $24 \pm 1$  horas. El filtro sin muestra tiene que ser previamente acondicionado a las mismas condiciones de temperatura y humedad a las que se acondicionara ya con la muestra, después de haber sido expuesto.

Con este método se retiene partículas suspendidas de diámetro inferior a unos 50 [um].

El peso de la muestra se obtiene de la diferencia de pesos del filtro con muestra y del filtro sin muestra, previamente acondicionados como se mencionó. La concentración de PST en el aire ambiente se calcula dividiendo la masa de las partículas recolectadas entre el volumen total de aire muestreado y se expresa en microgramos por metro cúbico de aire (DOF, 1993).

La frecuencia típica de muestreo empleando este método es de cada seis días pero en casos especiales se hace un muestreo cada tercer día.

Los equipos muestreadores de alto volumen han sido modificados para llevar a cabo muestreo de partículas menores a 10 y 2.5 [um]. Estas adaptaciones consistieron en la instalación de un cabezal que fracciona las partículas para

permitir únicamente el paso de aquellas con diámetros menores. La separación se tiene que llevar a cabo a una tasa constante de flujo durante todo el muestreo, ya que las variaciones afectan su eficiencia de separación. Es por esto que también fue necesario adaptarles un controlador de flujo.

Multi-sensor ultrasónico: modelo WXT520 es un pequeño y ligero transmisor que ofrece seis parámetros meteorológicos en paquete compacto. Mide velocidad y dirección de viento, precipitación, presión atmosférica, temperatura y humedad relativa ambiente.

Naciones unidas: es la mayor organización internacional existente. Se define como una asociación de gobierno global que facilita la cooperación en asuntos como el derecho internacional, la paz y la seguridad internacional, el desarrollo económico y social, los asuntos humanitarios y los derechos humanos.

Nitratos: En los nitratos está presente el anión  $\text{NO}_3^-$ . El nitrógeno en estado de oxidación +V se encuentra en el centro de un triángulo formado por los tres oxígenos. La estructura es estabilizada por efectos mesoméricos.

Los nitratos inorgánicos se forman en la naturaleza por la descomposición de los compuestos nitrogenados como las proteínas, la urea, etc.. En esta descomposición se forma amoníaco o amonio respectivamente. En presencia de oxígeno éste es oxidado por microorganismos de tipo nitrobacter a ácido nítrico que ataca cualquier base (generalmente carbonatos) que hay en el medio formando el nitrato correspondiente.

Otra fuente de formación es a través de los óxidos de nitrógeno que se generan en las descargas eléctricas de las tormentas a partir del nitrógeno y del oxígeno del aire. Con el agua de la lluvia de nuevo se forma ácido nítrico que ataca los carbonatos y otros minerales básicos que encuentra en el medio para formar los nitratos correspondientes.

Actualmente se forman también cantidades importantes de óxidos de nitrógeno en los procesos de combustión a alta temperatura. Estos se transforman por el mismo camino en nitratos que ha sido descrito para los óxidos de nitrógeno formados naturalmente

Norma ISO 9001:2000: Esta norma internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, cuando una organización:

- a) Necesita demostrar su capacidad para proporcionar de forma coherente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables, y
- b) Aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad del cliente y los reglamento aplicables.

NOx: Óxidos de nitrógeno, el término se aplica a varios compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la

combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente.

OMM: La Organización Meteorológica Mundial (OMM) se creó en 1950 y es un organismo especializado de las Naciones Unidas para la meteorología (tiempo y clima), la hidrología operativa y las ciencias geofísicas. Desde su creación ha participado importantemente en la seguridad y bienestar de la humanidad; contribuye sustancialmente a la protección de la vida humana y los bienes frente a los desastres naturales, a la salvaguardia del medio ambiente y a la mejora del bienestar económico y social.

Oscilador RC: Es un sistema capaz de crear perturbaciones o cambios periódicos o cuasi-periódicos en un medio, ya sea un medio material (sonido) o un campo electromagnético. En electrónica en un dispositivo capaz de convertir la energía de corriente continua en corriente alterna de una determinada frecuencia; estas oscilaciones pueden ser senoidales, cuadradas, triangulares, etc., dependiendo de la forma que tenga la onda producida. Se les llama osciladores solo a los que funcionan en base al principio de oscilación natural que constituyen una bobina L (inductancia) y un condensador C (capacitancia). En electrónica un oscilador de puente de Wien es un tipo de oscilador que genera ondas sinusoidales sin necesidad de ninguna señal de entrada. Puede generar un amplio rango de frecuencias. El puente está compuesto de cuatro resistencias y dos condensadores.

O<sub>3</sub>: El ozono (O<sub>3</sub>) es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de Oxígeno gaseoso (O<sub>2</sub>), formando moléculas de Ozono (O<sub>3</sub>).

A temperatura y presión ambientales el ozono es un gas de olor acre y generalmente incoloro, pero en grandes concentraciones puede volverse ligeramente azulado. Si se respira en grandes cantidades, puede provocar una irritación en los ojos y/o garganta, la cual suele pasar después de respirar aire fresco por algunos minutos

PCAA: Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, El presente Programa tiene por objeto determinar, atendiendo a la concentración de contaminantes atmosféricos en las 16 Delegaciones del Distrito Federal, las fases de contingencia ambiental, las bases de la declaración respectiva, así como las medidas aplicables para prevenir y controlar las emisiones contaminantes generadas por fuentes fijas y móviles, sus efectos en la salud de la población o en los ecosistemas.

PIB: Producto Interno Bruto, es una magnitud macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país (o una región) durante un período determinado de tiempo (normalmente un año).

El PIB es usado como objeto de estudio de la macroeconomía. Su cálculo se encuadra dentro de la contabilidad nacional. Para su estimación, se emplean varios métodos complementarios. Tras el pertinente ajuste de los resultados obtenidos en los mismos, al menos parcialmente resulta incluida en su cálculo la economía sumergida.

PM10: Partículas Menores a 10 micrómetros; se denomina PM10 (del inglés *Particulate Matter*) pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es menor que 10  $\mu\text{m}$ . Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).

La contaminación atmosférica por material particulado es la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre (causas antropogénicas).

PM2.5: Partículas Menores a 2.5 micrómetros, las partículas pequeñas son menores a 2.5 micrómetros (100 veces más delgadas que un cabello humano). Estas partículas son conocidas como PM<sub>2.5</sub>.

Pluviómetro: Es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para la recogida y medición de la precipitación.

La cantidad de agua caída se expresa en milímetros de altura. El diseño básico de un pluviómetro consiste en una abertura superior (de área conocida) de entrada de agua al recipiente, que luego es dirigida a través de un embudo hacia un colector donde se recoge y puede medirse visualmente con una regla graduada o mediante el peso del agua depositada. Normalmente la lectura se realiza cada 12 horas. Un litro caído en un metro cuadrado alcanzaría una altura de 1 milímetro.

Potasio: es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo químico es K, cuyo número atómico es 19. Es un metal alcalino de color blanco-plateado, que abunda en la naturaleza en los elementos relacionados con el agua salada y otros minerales. Se oxida rápidamente en el aire, es muy reactivo, especialmente en agua, y se parece químicamente al sodio. Es un elemento químico esencial.

Pronóstico meteorológico: Es la aplicación de tecnología y de ciencia para predecir el estado de la atmósfera para un período futuro y una localidad o región dada. La historia del pronóstico del tiempo es milenaria, aunque los paradigmas y las técnicas usadas han cambiado significativamente. Los pronósticos se hacen colectando tantos datos como sea posible acerca del estado de la atmósfera (particularmente temperatura, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitaciones) y usando conocidos procesos atmosféricos (a través de la meteorología) para determinar los patrones futuros atmosféricos. Sin embargo, la naturaleza compleja de los fenómenos atmosféricos y el entendimiento incompleto de los patrones y procesos meteorológicos hacen que los pronósticos sean menos seguros al incrementarse el rango temporal del pronóstico.

**Protocolo de comunicación:** En informática y telecomunicación, es un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellos para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como posibles métodos de recuperación de errores. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, software, o una combinación de ambos.

**Protocolo RS232:** (Recommended Standard 232, también conocido como EIA/TIA RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Data Communication Equipment, Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras en las que también se utiliza la interfaz RS-232. Una definición equivalente publicada por la ITU se denomina V.24.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DE-9, o popularmente mal denominados DB-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serie del PC).

**Protocolo TCP/IP:** La familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red en los que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre computadoras. En ocasiones se le denomina conjunto de protocolos TCP/IP, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP), que fueron dos de los primeros en definirse, y que son los más utilizados de la familia.

El conjunto TCP/IP está diseñado para enrutar y tiene un grado muy elevado de fiabilidad, es adecuado para redes grandes y medianas, así como en redes empresariales. Se utiliza a nivel mundial para conectarse a Internet y a los servidores web. Es compatible con las herramientas estándar para analizar el funcionamiento de la red.

**Prueba ambiente:** Utilizada en la verificación de la calibración del sensor de temperatura; consiste en colocar el termómetro digital en un lugar sombreado y muy próximo a la ubicación del sensor a verificar (sensor de estación), se toman tres valores minútales de ambos sensores y se empieza a llenar el formato correspondiente con la finalidad de equiparar las mediciones y ver la desviación con respecto al sensor patrón o referencia (termómetro digital).

**Psicrómetro:** Está formado por dos termómetros, determina la humedad relativa ambiente midiendo la temperatura ambiente y la temperatura de una fuente de agua en evaporación. El bulbo de uno de ellos está envuelto en un tejido que se mantiene siempre humedecido. El principio de funcionamiento consiste en: la evaporación desde la superficie del bulbo húmedo, una corriente de aire enfría el bulbo húmedo hasta una temperatura estacionaria tal que haya un equilibrio entre el calor perdido por la evaporación y el ganado por la convección y radiación. Esta

temperatura depende de la presión, temperatura y humedad de la atmósfera. Así pues cuando se dispone de un valor aproximado de presión, la humedad puede obtenerse a partir de las temperaturas observadas de los bulbos húmedos y seco Existen dos tipos de Psicrómetros: ventilación natural y ventilación forzada.

Puerto serial: es una interfaz física de comunicaciones de datos digitales.

Radiación global: Del total de radiación que procede del Sol una parte se recibe directamente (directa); y otra proviene de la difusión y de las múltiples reflexiones que sufre la radiación a su paso por la atmósfera (difusa). Se llama radiación global a la suma de estas dos: la radiación directa,  $Q$ , y la difusa,  $q$ :

Radiación global =  $Q + q$

Bajo cielo claro la radiación difusa es debida exclusivamente a la reflexión y dispersión provocada por las moléculas de aire, afectando en especial a las longitudes cortas (el cielo presenta un color azul). Cuando la atmósfera se presenta cargada de aerosoles o moléculas de vapor de agua (por ejemplo una nube) la reflexión y dispersión es mayor afectando al conjunto de las radiaciones del espectro electromagnético visible (el cielo pierde su color azul característico y adopta una tonalidad blanquecina).

La radiación global solar se puede medir por medio de Piranómetro o actinógrafos, estas medidas son escasas por lo que se recurre a las medidas de insolación (heliógrafo de completas).

Radiación infrarroja: La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmósfera. La radiación infrarroja de más de 760 [nm] es la que corresponde a longitudes de onda más largas, y lleva poca energía asociada. Su efecto aumenta la agitación de las moléculas, provocando el aumento de la temperatura. El CO<sub>2</sub>, el vapor de agua y las pequeñas gotas de agua que forman las nubes absorben con mucha intensidad las radiaciones infrarrojas.

Según el tipo de radiación se conoce que de los 324 [W/m<sup>2</sup>] que llegan a la Tierra, en la parte alta de la atmósfera (1400 [W/m<sup>2</sup>] es la constante solar); 236 [W/m<sup>2</sup>] son remitidos al espacio en forma de radiación infrarroja, 86 [W/m<sup>2</sup>] son reflejados por las nubes y 2 [W/m<sup>2</sup>] son reflejados por el suelo en forma de radiaciones de onda corta. Pero el reenvío de energía no se hace directamente, sino que parte de la energía remitida es absorbida por la atmósfera originándose el "efecto invernadero".

Radiación solar: es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6000 [K], en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro, el cual emite energía siguiendo la

ley de Planck a la temperatura ya citada. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

**Radiación ultravioleta:** Es la radiación de menor longitud de onda (360 [nm]), la cual lleva mucha energía e interfiere con los enlaces moleculares. Especialmente las de menos de 300 [nm], que pueden alterar las moléculas de ADN, muy importantes para la vida. Estas ondas son absorbidas por la parte alta de la atmósfera, especialmente por la capa de ozono.

Es importante protegerse de este tipo de radiación, ya que por su acción sobre el ADN está asociada con el cáncer de piel. Sólo las nubes tipo cúmulos de gran desarrollo vertical atenúan éstas radiaciones prácticamente a cero. El resto de las formaciones, tales como cirrus, estratos y cúmulos de poco desarrollo vertical, no las atenúan, por lo que es importante la protección aún en días nublados. Es importante tener especial cuidado cuando se desarrollan nubes cúmulos, ya que éstas pueden llegar a actuar como espejos y difusores e incrementar las intensidades de los rayos ultravioleta y, por consiguiente, el riesgo solar. Algunas nubes tenues pueden tener el efecto de lupa.

**Radiación visible:** La radiación correspondiente a la zona visible cuya longitud de onda está entre 360 [nm] (violeta) y 760 [nm] (rojo), por la energía que lleva, tiene gran influencia en los seres vivos. La luz visible atraviesa con bastante eficacia la atmósfera limpia, pero cuando hay nubes o masas de polvo, parte de ella es absorbida o reflejada.

**RAMA:** Red Automática de Monitoreo Atmosférico, es el subsistema del SIMAT que realiza mediciones continuas y permanentes de ozono ( $O_3$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ), monóxido de carbono (CO), partículas menores a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ) y partículas menores a 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ). La información que proporciona esta red es primordial en la evaluación oportuna de la calidad del aire en la ciudad de México y su difusión mediante el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). La rapidez con que se envía y recibe la información, permite la instrumentación inmediata del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en situaciones de riesgo para la salud de la población.

**REDDA:** Red de Depósito Atmosférico, se conoce también como Red de Lluvia Ácida; a las muestras colectadas se les determina: acidez, conductividad, nitratos, sulfatos, cloruros, sodio, calcio, magnesio, potasio y metales pesados.

**REDMA:** Red Manual, recolecta muestras de 24 horas cada seis días con muestreadores de referencia de alto y bajo volumen de partículas suspendidas totales (PST). Del análisis de las muestras se determinan metales pesados, entre ellos el plomo, así como sulfatos y nitratos y la concentración de partículas. Los análisis gravimétricos de la Red Manual se emplean para determinar el cumplimiento de la normatividad de salud de partículas en suspensión.

REDMET: Red Meteorológica, es el subsistema del SIMAT que tiene como función principal proporcionar información de los parámetros meteorológicos para elaborar el pronóstico meteorológico y modelos de dispersión, con la finalidad de analizar el desplazamiento de los contaminantes a través del tiempo. Otra función primordial es la elaboración del Índice Ultravioleta (IUV) para informar a la población, sobre la exposición saludable a los rayos del sol.

Relevadores: El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

SEDEMA-GDF: Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

Sensor dual: Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Y dual porque en un solo dispositivo se pueden detectar dos magnitudes en cuestión.

Sensor electromecánico: Dispositivo capaz de detectar las magnitudes físicas o químicas en cuestión por la electromecánica que es la combinación de las ciencias del electromagnetismo de la ingeniería eléctrica y la ciencia de la mecánica.

Sensor patrón o de referencia: Dispositivo certificado para realizar verificación de la calibración a sensores de su mismo tipo. Sensor estándar.

Sensor piezoeléctrico: La piezoelectricidad es un fenómeno que ocurre en determinados cristales que, al ser sometidos a tensiones mecánicas, en su masa adquieren una polarización eléctrica y aparecen una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.

Este fenómeno también ocurre a la inversa: se deforman bajo la acción de fuerzas internas al ser sometidos a un campo eléctrico. El efecto piezoeléctrico es normalmente reversible: al dejar de someter los cristales a un voltaje exterior o campo eléctrico, recuperan su forma.

SIMAT: Sistema de Monitoreo Atmosférico, es el sistema de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SEDEMA-GDF) empleado para la vigilancia y el monitoreo de la calidad del aire en la zona metropolitana del valle de México.

Sistema de adquisición de datos: Conjunto organizado de dispositivos que interactúan entre sí ofreciendo prestaciones más completas y de más alto nivel para la adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere



una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos.

**Sistema de comunicaciones electrónicas:** Conjunto organizado de dispositivos que interactúan entre sí ofreciendo prestaciones más completas y de más alto nivel para las comunicaciones electrónicas que se utiliza para referirse de forma conjunta a las telecomunicaciones y a Internet.

Su origen está en el marco regulatorio elaborado por la Unión Europea en 2002 que pretendía establecer un conjunto de normas que fueran válidas tanto para las comunicaciones tradicionales (voz, telefonía, móviles), como para los nuevos modos de comunicación como la banda ancha o el acceso a Internet.

**SO<sub>2</sub>:** Dióxido de Azufre, es un óxido cuya fórmula molecular es SO<sub>2</sub>. Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre. La velocidad de esta reacción en condiciones normales es baja.

**Sodio:** es un elemento químico de símbolo Na, con número atómico 11. Es un metal alcalino blando, untuoso, de color plateado, muy abundante en la naturaleza, encontrándose en la sal marina y el mineral halita. Es muy reactivo, arde con llama amarilla, se oxida en presencia de oxígeno y reacciona violentamente con el agua.

El sodio está presente en grandes cantidades en el océano en forma iónica. También es un componente de muchos minerales y un elemento esencial para la vida.

**Sulfatos:** Los sulfatos son las sales o los esteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno. Las sales de sulfato contienen el anión SO<sub>4</sub>.

**Telemetría:** es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera). Los sistemas de telemetría reciben las instrucciones y los datos necesarios para operar mediante desde el centro de control.

**Termómetro digital:** Los termómetros digitales son aquellos que, valiéndose de dispositivos transductores, utilizan luego circuitos electrónicos para convertir en números las pequeñas variaciones de tensión obtenidas, mostrando finalmente la temperatura en un visualizador. Equipo que se utiliza como sensor patrón o de referencia para realizar la verificación de la calibración en campo.

**Termopila:**Dispositivo que transforma la energía recibida en calor produciendo una variación de la temperatura que, a su vez, actúa sobre un conjunto de termopares generando un voltaje de salida .La termopila es un dispositivo especializado formado por la unión serie de varias decenas de termopares. Un termopar (también llamado termo-cople) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los [mV]) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado «punto caliente» o «unión caliente» o de «medida» y el otro llamado «punto frío» o «unión fría» o de «referencia» (efecto Seebeck).

**Termostato:** Un termostato es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

Su versión más simple consiste en una lámina metálica como la que utilizan los equipos de aire acondicionado para apagar o encender el compresor.

Otro ejemplo lo podemos encontrar en los motores de combustión interna, donde controlan el flujo del líquido refrigerante que regresa al radiador dependiendo de la temperatura del motor.

**Tierra física:** se emplea en las instalaciones eléctricas para llevar a tierra cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica a los elementos que puedan estar en contacto con los usuarios (carcasas, aislamientos, etc.) de aparatos de uso normal, por un fallo del aislamiento de los conductores activos, evitando el paso de corriente al posible usuario.

La puesta a tierra es una unión de todos los elementos metálicos que mediante cables de sección suficiente entre las partes de una instalación y un conjunto de electrodos, permite la desviación de corrientes de falta o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligrosa en los edificios, instalaciones y superficie próxima al terreno.

**Topografía:** Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales.

**Torre meteorológica:** Es una estructura metálica que oscila aproximadamente entre los 9 y 12[m] de altura y sirve como base para el soporte de sensores meteorológicos, cuenta con un brazo móvil para fijar los sensores de velocidad y dirección del viento, un pararrayos y soporta el blindaje de radiación solar, el cual alberga los sensores de temperatura y humedad relativa del aire. Se encuentran instaladas dos tipos de torres meteorológicas en el sistema, su selección depende directamente del sitio de la caseta de monitoreo atmosférico.

- 1) Un tipo de torre es la que se encuentra empotrada a un lado de la caseta, tiene de 6 a 10[m] de altura y no requiere de tensores.
- 2) El otro tipo de torre se encuentra separada de la caseta, está anclada al piso y sostenida por 2 secciones de 3 tensores, su altura en algunos casos es de 12[m].

Transductor: Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir una determinada manifestación de energía de entrada, en otra diferente a la salida, pero de valor muy pequeños en términos relativos con respecto a un generador. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina interna, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc., para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen cierta cantidad de energía por lo que la señal medida resulta atenuada.

W/m<sup>2</sup>: Unidad de medida para la radiación solar W= Watt (potencia) y m= metro (longitud)

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México, la conforman 16 delegaciones del Distrito Federal y en los 18 municipios conurbados del Estado de México: Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Chalco, Chimalhuacán, Ecatepec de Morelos, Huixquilucan, Ixtapaluca, La Paz, Naucalpan de Juárez, Nezahualcóyotl, Chicoloapan, Nicolás Romero, Tecámac, Tlalnepantla de Baz, Tultitlán y Valle de Chalco.

## Apéndice A: Lista de Comandos.

Comando	Acción
A	Imprime las fallas eléctricas registradas.
AC	Borra las fallas eléctricas registradas.
ALM	Imprime los canales alarmados actualmente.
CsU	Permite borrar los parámetros habilitados.
E	Imprime los errores de comunicación.
EC	Borra los errores de comunicación registrados.
I	Despliega el menú principal de iniciación del sistema.
L	Imprime la configuración actual del sistema.
PF	Imprime los promedios finales actuales.
PFx	Imprime los promedios finales previos a x, teniendo como límite 5
PV	Imprime el valor instantáneo de los datos.
PVA	Imprime el valor instantáneo de A/D (Voltajes).
T	Imprime la hora y fecha actual.
TS	Permite modificar la hora y fecha.
PM	Imprime el promedio de los 10 minutos anteriores.
PVR	Imprime el valor instantáneo de los datos cada 10 segundos.
PVAR	Imprime el valor instantáneo de A/D (Voltajes) cada 10 segundos
PMx	Imprime el promedio de los minutos anteriores a x, teniendo como límite 180.

