

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE****Facultad de Ingeniería****PUBLICACIÓN DIDÁCTICA N°2****Departamento de Hidráulica**

Av. Las Heras 727 - H3500COI - Resistencia - Chaco

Te. y fax (03722) 420076 - 425064

**ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE
CAPACITACIÓN****Instrumental****Autores:****Alejandro Ricardo RUBERTO****Sonia Elizabeth GABAZZA****Edgardo Javier KUTNICH****marzo del año 2.010**

Publicación del Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE
Correo-e: aruberto@ing.unne.edu.ar

Se terminó de compaginar digitalmente en el Departamento de Hidráulica de la
Facultad de Ingeniería de la UNNE en el mes de marzo de 2010.

© 2010 Facultad de Ingeniería - UNNE
Av. Las Heras 727 – H3500COI Resistencia – Chaco – Argentina.
Teléfono: +54 – 3722 – 420 076
Correo-e: aruberto@ing.unne.edu.ar

ISSN N° 1852 - 5806

Queda hecho el depósito que previene la ley 11723

Imagen de tapa: Alejandro R. Ruberto
Diseño de tapa: Alejandro R. Ruberto
Diagramación gráfica y edición: Ruberto – Gabazza y Kutnich

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA	4
3. ABRIGO METEOROLÓGICO.....	6
4. PRECIPITACIÓN (LLUVIA)	7
5. PLUVIÓGRAFO	10
6. TEMPERATURA.....	13
6.A. TERMÓMETRO DE BULBO SECO	13
6.B. TERMÓMETRO DE BULBO HÚMEDO	13
6.C. TERMÓMETRO DE MÁXIMA.....	14
6.D. TERMÓMETRO DE MÍNIMA.....	14
7. VIENTO	16
7.A. VELOCIDAD.....	16
7.B. DIRECCIÓN E INTENSIDAD	16
8. NIVEL FREÁTICO.....	19
9. EVAPORACIÓN	20
9.A. TANQUE TIPO "A"	20
9.B. EVAPORÍMETRO PICHE.....	22
10. PRESIÓN ATMOSFÉRICA	23
11. ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA.....	26
12. BIBLIOGRAFÍA	30

1. INTRODUCCIÓN

La Estación Meteorológica de Capacitación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste fue inaugurada en el mes de marzo del año 1.988, mes desde el cual se miden variables hidrometeorológicas como: precipitación (lluvia), evaporación, temperatura, viento, altura de la napa freática, entre otros; y se siguen tomando lecturas hasta la fecha.

Las lecturas a lo largo de los años han respetado los horarios de las 9, 15 y 21 horas, establecidos y homologados por el Servicio Meteorológico Nacional [SMN], organismo que dependía de la Fuerza Aérea Argentina.

Durante los veintidos años de registros se han tomado mediciones en los tres horarios [9, 15 y 21h] de 1988 hasta 1994, y desde entonces y actualmente se toma una lectura diaria a las 9h.

En esta monografía de la serie es presentada esta publicación didáctica con fines docentes e investigativos.

Existiendo una primer edición no indexada, se presenta ésta con la descripción de material e instrumental nuevo, indexado, como la presión atmosférica y el barógrafo que lo registra, el pluviógrafo, y la estación meteorológica automática, de la cual es explicado su funcionamiento y descrita una tipo, de las varias existentes en el mercado.

Las variables meteorológicas que se miden hoy día en la Estación son: temperatura del termómetro seco y húmedo, temperatura máxima y mínima, evaporación de tanque y Piche, altitud de la napa freática, lluvia en tres pluviómetros: dos tipo "A" homologados por el SMN, uno a 1,5m y el otro a 0,50m de altura y otro de cuña; velocidad, dirección e intensidad del viento.

Dichas lecturas con periodicidad diaria.

Las normas de instalación del instrumental seguidas han sido las del Servicio Meteorológico Nacional [SMN] y la Organización Meteorológica Mundial [OMM], y el objeto principal es la medición de parámetros hidrometeorológicos con fines de aplicación a la investigación de la hidrología urbana principalmente: ello se justifica por su ubicación central en el Área Metropolitana del Gran Resistencia [AMGR].

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

A continuación se presenta la ubicación de la Estación meteorológica de capacitación del Departamento de Hidráulica.

La misma posee un punto fijo georeferenciado, de coordenadas geográficas: 27° 27' 45,394" S, 58° 59' 04,353" O, lo cual da su ubicación precisa. La cota de dicho punto es 50,174m IGN.

En la figura n°1 ha sido representado el interior de la Estación Meteorológica de Capacitación con la ubicación precisa de todo el instrumental actualmente en funcionamiento.

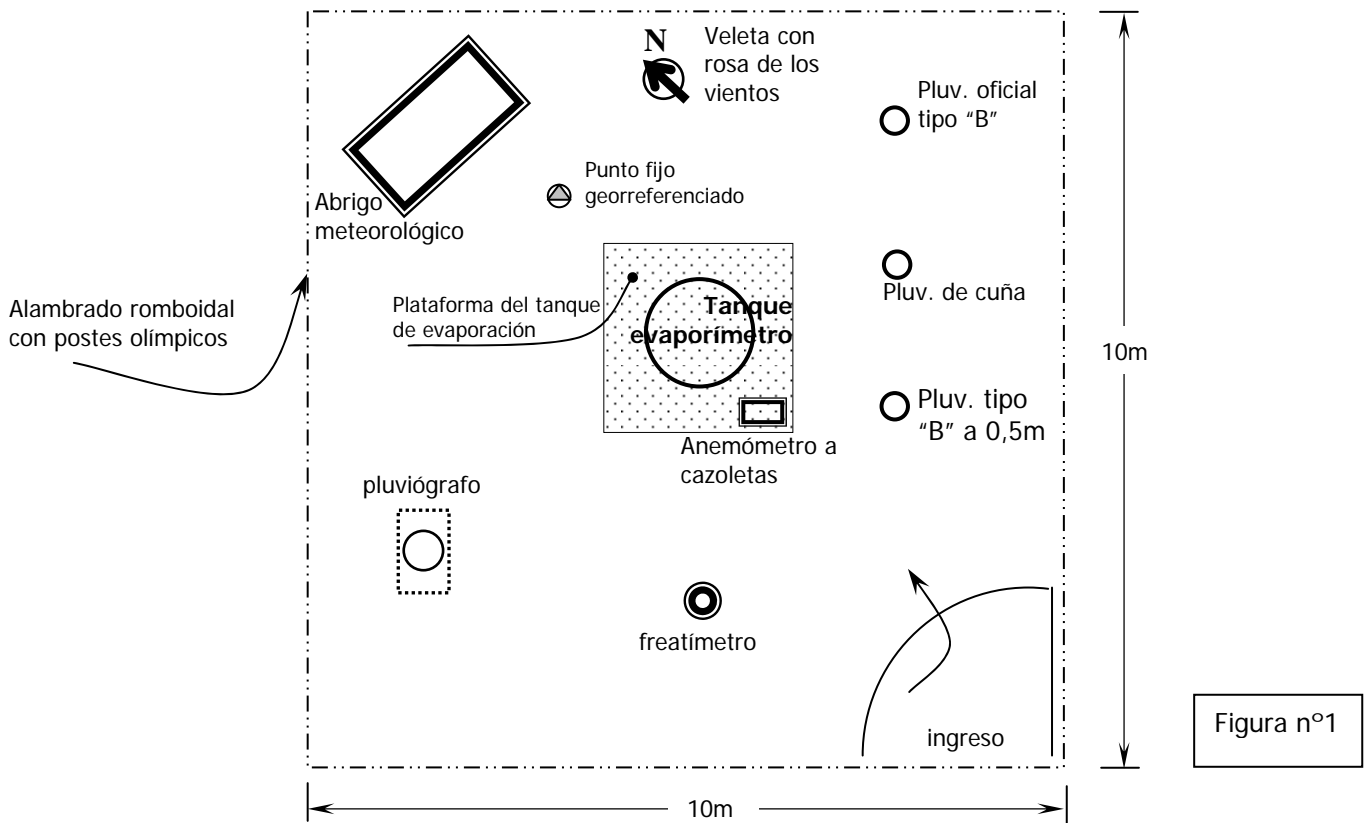


Figura n°1. Ubicación geográfica de la estación meteorológica de capacitación (tomado de: Estación Meteorológica de capacitación: 20 años 1988 – 2008; 2009)

3. ABRIGO METEOROLÓGICO

Descripción e instalación

Es una caseta de madera dura con techo y "falso techo" en la parte superior. El techo puede ser de chapa galvanizada y el falso techo es de madera maciza con perforaciones en tresbolillo (preferible) con separación cada diez centímetros.

El piso también es de madera dura con tablas alternadas y separadas en altitud de 5cm.

Los costados están formados por celosías con tablillas en forma de V invertida a ambos lados y en la parte posterior. Todo ello para que permita la libre circulación del aire en su interior.

Hacia el frente posee dos puertas de apertura hacia el exterior con el mismo sistema de ventilación (ver fig. n°3).

El abrigo se apoya sobre cuatro patas, de madera dura, a 1,40m del terreno natural, desde su borde inferior interno; y debe ser pintado de color blanco a efectos de minimizar los efectos de radiación solar.

Al colocar las patas habrá que pintarlas con pintura bituminosa, resina epoxi o similar para prevenir que la humedad comience a deteriorar las mismas en el contacto con el suelo.

La puerta de la casilla deberá orientarse hacia el sur cuando la misma sea ubicada en el hemisferio sur y viceversa cuando esté en el hemisferio norte.

El techo es de chapa galvanizada, con voladizos de 10cm a cada uno de los cuatro lados y a 15cm del falso techo, lo cual permite la libre circulación del aire y aísla al casilla de la incidencia directa de los rayos solares (ver figura n°3).

Dimensiones

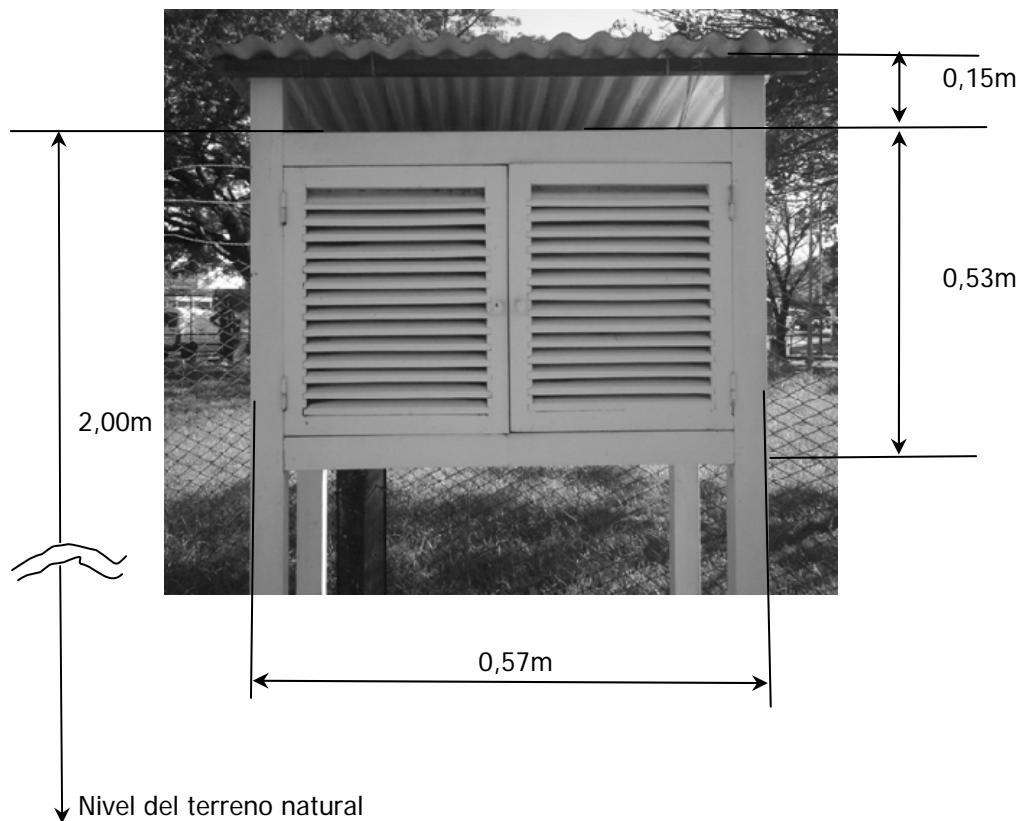


Figura n°3. Vista de frente y dimensiones del abrigo meteorológico

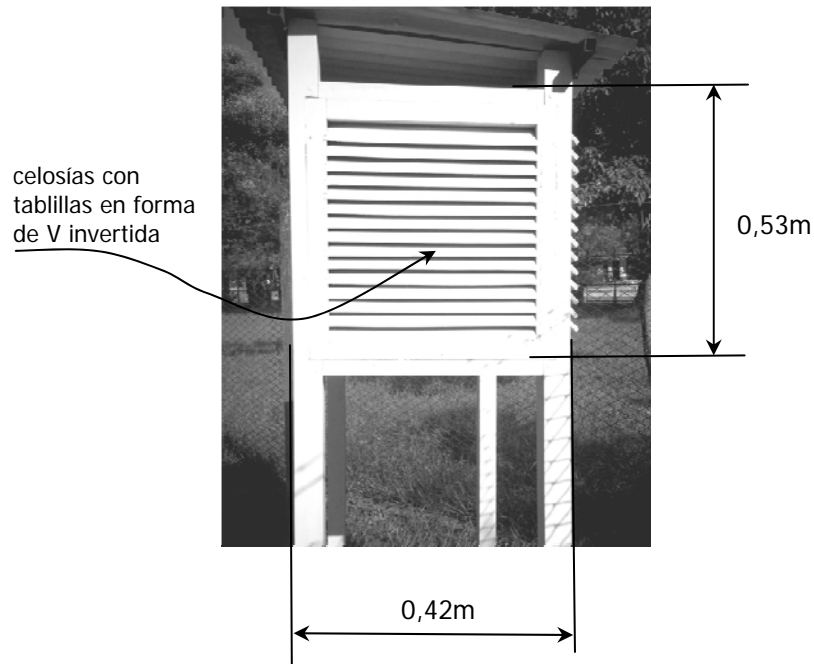


Figura n°4. Vista lateral y dimensiones del abrigo meteorológico

Mantenimiento

Efectuar limpiezas periódicas, con retiro del instrumental y pasando un paño húmedo por sobre las tablas en todo su interior.

Rasquetear y pintar cada dos a tres años para mantener el buen estado general de la misma sin que absorba rayos solares.

Revisión general del techo, pintarlo y recauchutar agujeros en caso de ser necesario.

4. PRECIPITACIÓN (lluvia)

Instrumental

Pluviómetro tipo B: este instrumento mide la cantidad de agua precipitada, bajo la premisa de que la distribución es homogénea y sin efecto de evaporación.

El mismo se encuentra estandarizado y homologado por el SMN.

Está compuesto por un cuerpo receptor de boca circular de 16cm de diámetro, formada por un aro de bronce reforzado, con su arista superior afilada y biselada a 45° y con la cara inclinada hacia afuera.

En su interior tiene un embudo con orificio para la salida del agua, estando el borde superior del mismo soldado a las paredes del pluviómetro a 10cm por debajo de la boca, con el objeto de que las gotas no puedan volver al exterior por rebote.

La sección inferior e interna, está destinada al almacenamiento y posee una capacidad de 7.633,5cm³, lo cual permite almacenar el agua de una lluvia de hasta 390mm.

En el interior de la misma se coloca una jarra que sirve para trasvasar a la probeta graduada el agua colectada para efectuar la medición. Las dimensiones del colector son de 12,5cm de diámetro y 24cm de altura.

Para cuantificar la lámina de agua precipitada se utiliza una probeta graduada cuya capacidad es de 50mm de lámina y sus dimensiones son 40mm de diámetro y 30cm de altura.

Ver figura n°5.

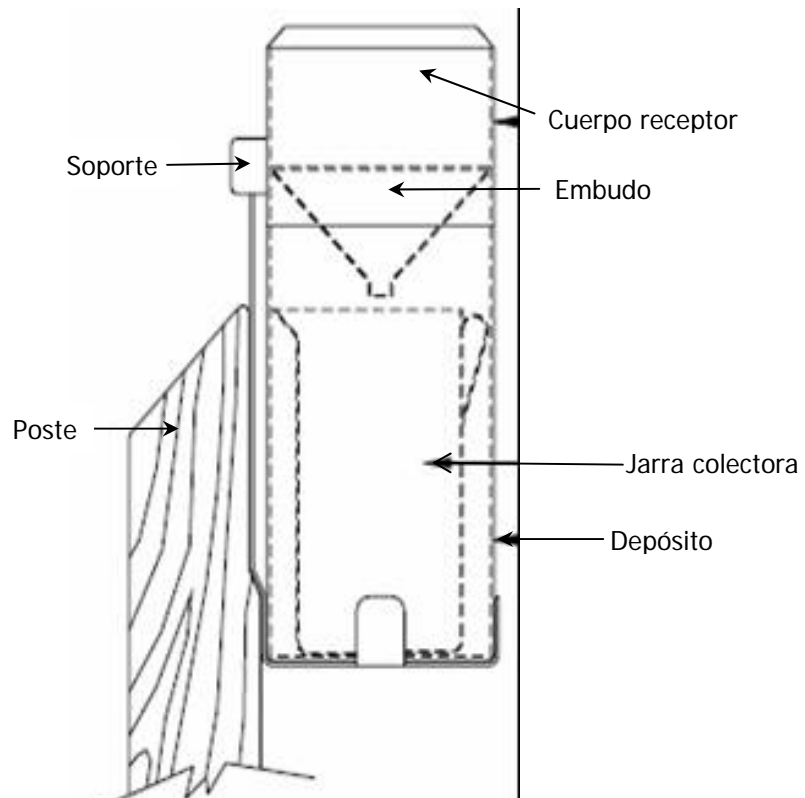


Figura nº5. Detalle del pluviómetro Tipo "B" del SMN

Pluviómetro de cuña: consiste en un recipiente similar a una probeta graduada en milímetros del lado exterior cuya apreciación es de 2mm. Es un instrumento de lectura directa y su capacidad total es de 110mm.

Sus medidas son: 20cm de altura, base de sección 4cm x 2,5cm y boca superior de 4,5cm x 3,5cm. El mismo no se encuentra homologado por el SMN y solo se lo utiliza con fines comparativos.

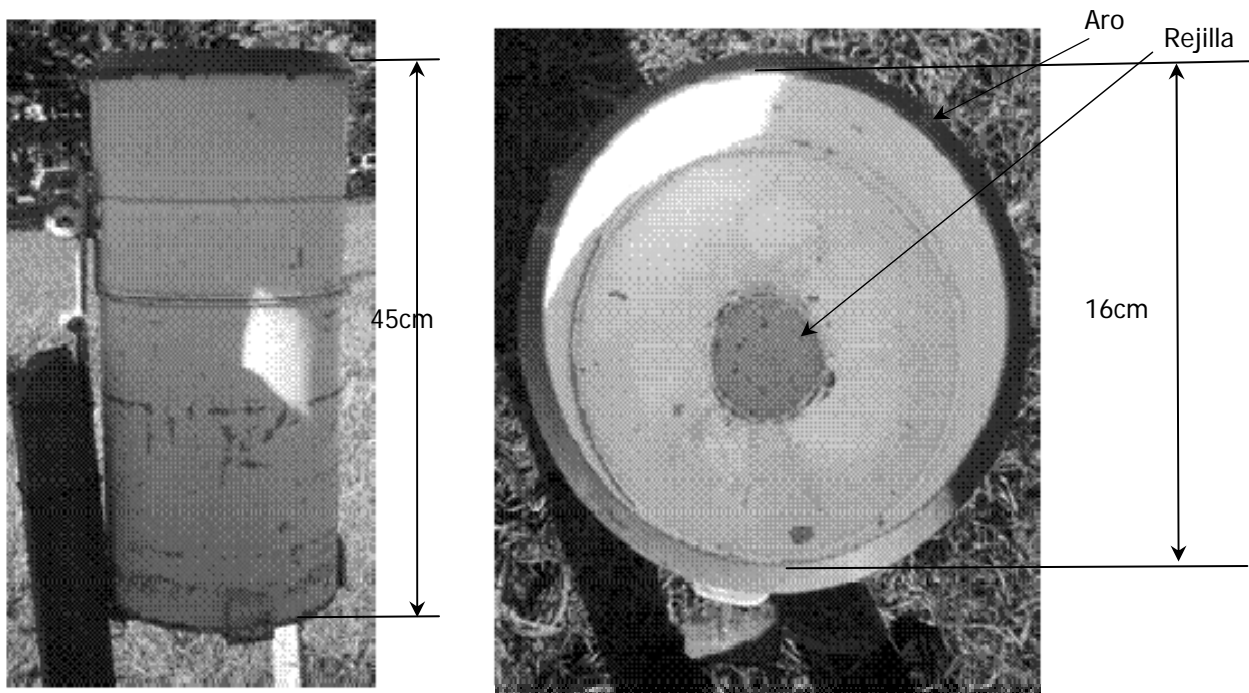


Figura nº6. Detalle del cuerpo receptor, aro y rejilla del embudo

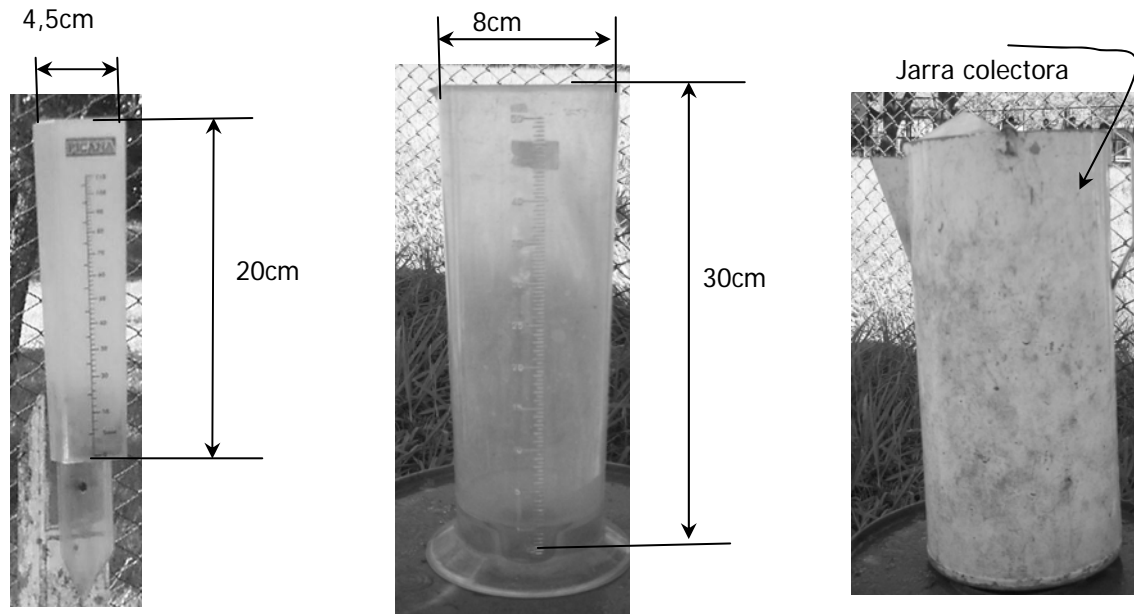


Figura n°7. Detalle del pluviómetro de cuña, probeta graduada y jarra colectora

Medición

Para efectuar la medición se saca el cuerpo receptor, se retira la jarra colectora y se vierte el agua acumulada a la probeta, leyendo en la escala graduada directamente (ver figura n°7).

Si la cantidad de lluvia fuese mayor que la capacidad graduada de la probeta, la operación se repite tantas veces como sea necesario, sumando los parciales para obtener el total precipitado.

Cuando se haya superado la capacidad del colector y un excedente se acumuló en el depósito, se mide primero el agua contenida en el colector y luego se trasvasa al mismo y se mide el agua depositada.

Instalación

El pluviómetro se coloca sobre un soporte de planchuela mediante el cual se lo fija a un poste con bulones y luego con un dispositivo para asegurarlo con candado.

Al elegir el emplazamiento de un pluviómetro se debe tener en cuenta la deformación sistemática de la cancha de formación de viento por encima de la boca del mismo, así como los efectos que el lugar ejerce en la trayectoria del aire.

La boca del pluviómetro debe estar a 1,50m del suelo y entre la misma y cualquier obstáculo debe existir una distancia mínima de cuatro veces su altura.

En caso de que no haya jardín o lugar abierto sin obstáculo para colocar el pluviómetro en las condiciones descritas y sea necesario colocarlo sobre un edificio, casilla u otro, deberá estar siempre afirmado a un poste de manera que su boca sobrepase en un metro la parte más alta del techo en que se la coloca (o sus parapetos, cumbreras, etc).

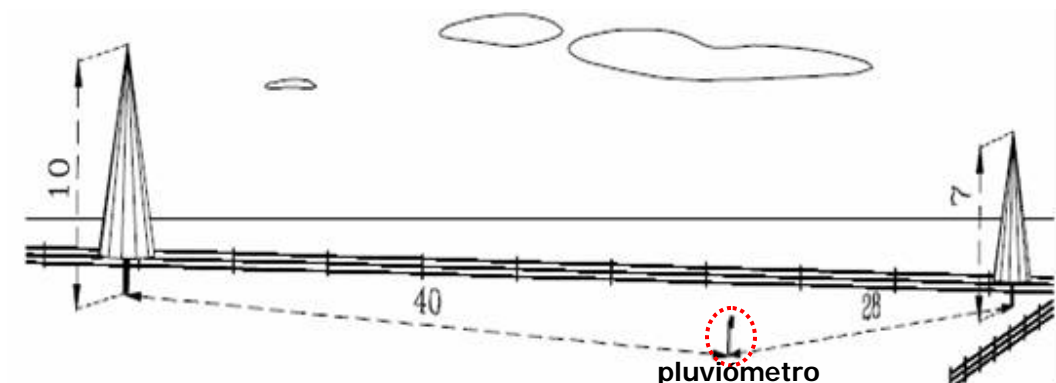


Figura n°8. Distancias sugeridas por el SMN para la instalación de un pluviómetro

Mantenimiento

Este instrumento requiere mínimo mantenimiento, pues no tiene ningún mecanismo complejo de operación.

Debe controlarse que en el interior del pluviómetro o en el embudo no haya hojas secas u otros objetos que puedan alterar la medición exacta de la lluvia.

Deberán también revisarse la chapa de los componentes, que no aparezcan sectores oxidados que pudieren generar pérdidas.

5. PLUVIÓGRAFO

Descripción

Aparato que registra la lluvia en forma continua, siendo su función brindar información acerca de la cantidad de agua caída y su distribución en el tiempo de ocurrencia de la tormenta. La unidad de expresión usual es en milímetros por hora (mm/h).

El pluviógrafo proporciona información acerca del inicio, duración e intensidad de la lluvia y por medio de este aparato se registran altura de lluvia contra tiempo. Gracias a los registros pluviográficos es posible obtener histogramas de diversas tormentas medidas.

El histograma es la gráfica que indica la variación de la lluvia respecto a los intervalos de tiempos escogidos, arbitrariamente y siguiendo ciertas convenciones. Como ejemplo, definir intervalos de 5 a 15 minutos en eventos urbanos daría buena precisión en la medición.

Sistemas de pluviógrafos

Pluviógrafo a sifón o flotador

Son los más comunes, tienen forma cilíndrica y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador montado en un sistema de reloj.

Consiste en un depósito que recibe, a través de un tubo de goma, el agua de lluvia recogida por el embudo exterior. Dentro del depósito hay un flotador o boya que sostiene directamente un brazo que lleva una pluma registradora. Casi desde el fondo del depósito sale un tubo de goma en forma de sifón, en el que la rama ascendente llega justo al nivel más alto al que se quiere llegar (que corresponde a 10mm de precipitación). Cuando el agua del depósito llega a ese nivel, actúa el sifón y el recipiente se vacía completamente. Si continúa lloviendo vuelve a comenzar la subida. La curva obtenida tiene forma de zigzag con sus ramas ascendentes curvas e inclinadas y las descendentes rectas y verticales.

Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto a la altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando.

Resumiendo, es posible decir que el agua recogida por el embudo pasa a un depósito con una boya, el movimiento ascendente de la boya al llenarse es transmitido a una plumilla que va dejando el registro en una banda de papel. La pendiente de la gráfica en su subida nos indicará la intensidad de la lluvia.

Pluviógrafo de pesada

En éstos, la precipitación cae sobre una vasija montada sobre una balanza y el aumento de peso va quedando registrado en una banda dispuesta en un tambor giratorio.

Pluviógrafo de cangilones basculantes

Se encuentra disponible en la Estación Meteorológica de Capacitación – FI - UNNE. Consta de un embudo captador de la precipitación y al final del mismo se coloca un recipiente que tiene dos compartimentos llamados cangilones situados simétricamente en un balancín.

Cuando uno de ellos ha recogido cierta cantidad de lluvia, el balancín se inclina, el cangilón se vacía y automáticamente comienza a llenarse el otro.

Cada vuelco del cangilón va quedando registrado en una hoja de papel y representa 0,2mm de precipitación.

Cada vuelco hace girar una rueda dentada en un ángulo determinado y el movimiento de esa rueda dentada se transmite por medio de una leva a una palanca con una pluma inscriptora. Ésta registra la cantidad de agua caída en una faja que gira sobre un cilindro con un sistema de relojería (una vuelta por día). El registro se hace en forma escalonada y el ancho de los escalones depende de la intensidad de la lluvia. Las pausas indican que dejó de llover y la precisión de los intervalos de tiempo es de quince minutos.

Instalación y medición

Las características de instalación de este instrumento son similares a las del pluviómetro. En el caso del pluviógrafo disponible en la UNNE, para medir la precipitación deben sumarse las ramas horizontales del registro de la faja (debe recordarse que si no ocurrió ninguna tormenta el pluviógrafo registra una única línea recta). Además debe tenerse en cuenta que el mecanismo que acciona la pluma inscribe un movimiento con recorrido similar al de un péndulo, por lo tanto al llegar a uno de los márgenes la pluma realiza un recorrido similar hacia el otro extremo mientras dura la precipitación, por lo tanto se suman tanto los desplazamientos hacia izquierda como los desplazamientos hacia la derecha de la curva graficada en la faja para obtener el total precipitado.

En ordenadas, en la faja de papel, se puede deducir el inicio, duración y finalización del evento (la faja del pluviógrafo de la UNNE tiene dos escalas, una escala lenta -con apreciación de 10 minutos- y una escala rápida con apreciación de 20 minutos).

A continuación se presentan imágenes con un detalle completo del pluviógrafo a cangilones, el embudo receptor, la caja que alberga el mecanismo de relojería, el brazo y la pluma registradora, la fuente de energía (baterías), el mecanismo de relojería propiamente dicho, los cangilones, la faja y el análisis de la misma (histograma).

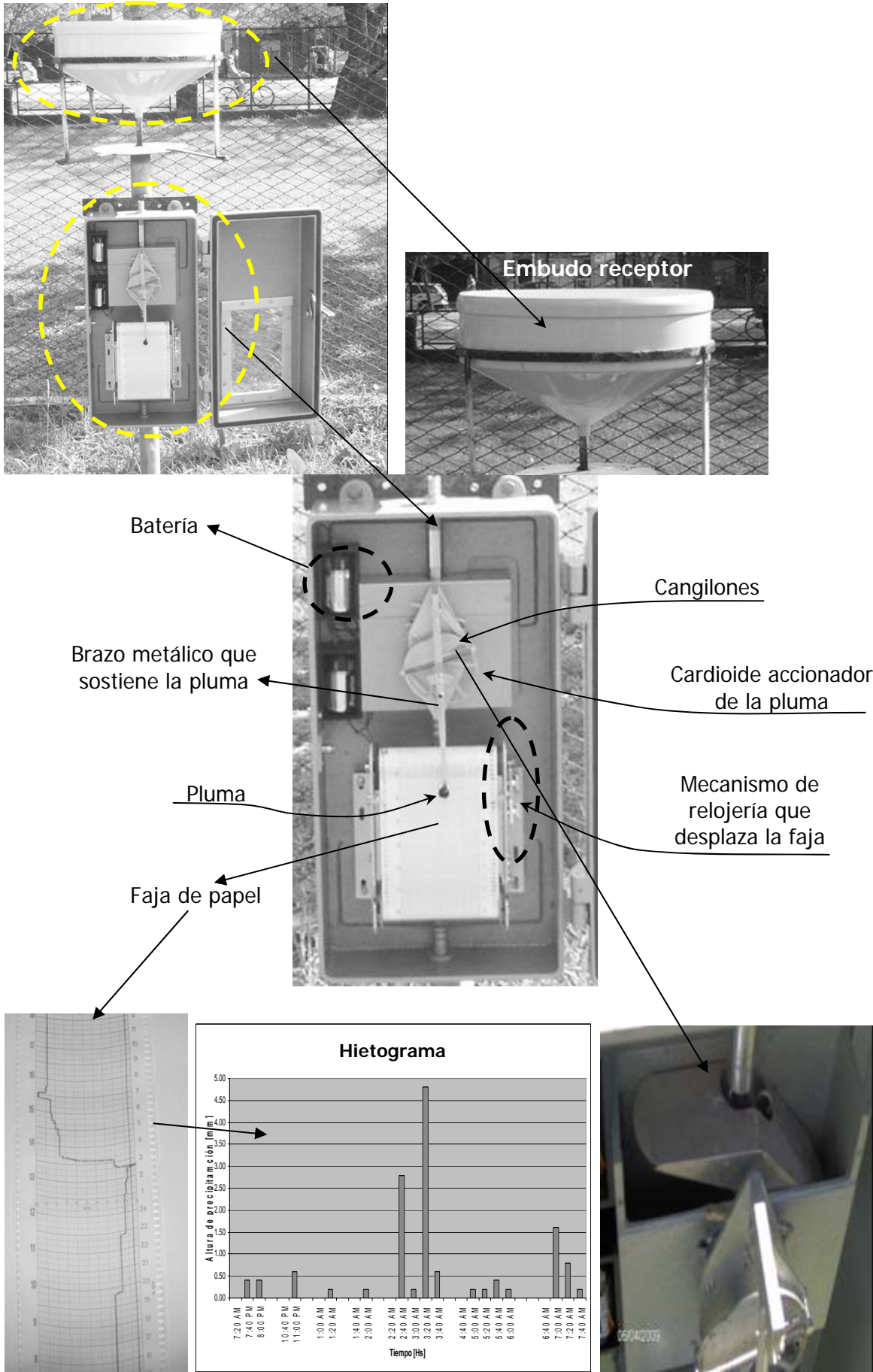


Figura nº9. Pluviógrafo completo - detalles

La imagen muestra el pluviógrafo instalado en la Estación Meteorológica de Capacitación de la UNNE; se observa el embudo captador de precipitación y el mecanismo de cangilones que activan el brazo de forma mecánica, imprimiendo con el movimiento de la pluma el registro de la tormenta en la faja de papel. La misma posee dos escalas de tiempo en ordenadas, hacia la izquierda la apreciación es de 10 minutos (escala lenta) y hacia la derecha de 20 minutos (escala rápida). En abscisas tenemos la escala de altura de precipitación con apreciación de 0,2mm.

Procesando los datos que brindan las fajas de este instrumento, podemos obtener información tal como el histograma de la tormenta (arriba definido y calculado).

Mantenimiento

En el pluviógrafo a cangilones instalado en la UNNE se debe prestar atención a los siguientes aspectos característicos de la zona en donde se ha emplazado el equipo:

- verificar que el embudo receptor se encuentre limpio y libre de toda partícula que pueda evitar el flujo del agua hacia el tubo de plástico que lo conecta con el cangilón (limpieza de la rejilla que atrapa las partículas);
- limpieza periódica del tubo plástico que conecta el embudo con el cangilón puesto que en el mismo pueden acumularse partículas;
- recambio de las fajas de papel: realizarlo cada dos meses (escala rápida); aparece una raya roja en el papel que indica que a la misma solo le restan un par de días antes de acabarse;
- recambio de la baterías: la periodicidad de las mismas depende de su calidad;
- control periódico del nivel de tinta de la pluma.

6. TEMPERATURA

Instrumental: Instalación y medición

6.a. Termómetro de bulbo seco

El termómetro de bulbo seco consta de un pequeño recipiente de vidrio, esférico o cilíndrico, llamado "bulbo" o "depósito", prolongado por un tubo muy estrecho (tubo capilar), cerrado por su extremo. El depósito y parte del tubo están llenos de mercurio.

Su funcionamiento se basa en el concepto de dilatación de los elementos: cuando un cuerpo se calienta, se dilata y generalmente aumenta su volumen. Así, al aumentar la temperatura el mercurio se dilata y aumenta su volumen proporcionalmente, produciendo así el movimiento en la escala graduada. La forma del bulbo ha sido diseñada para aprovechar esta propiedad.

El termómetro seco se instala dentro del abrigo meteorológico sujeto a un pedestal y en contacto directo con el aire libre.

El termómetro de bulbo seco es el primero que el observador deberá leer cuando abre el abrigo meteorológico, pues la influencia que pudiera causar el propio observador por la temperatura de su cuerpo puede llegar a afectar las indicaciones del mismo.

Por lo general conviene visualizar siempre los grandes enteros (0°, 10°, 20°, etc) más cercanos al lugar del tubo donde se encuentra el extremo de la columna, para luego hacer la apreciación de la medición y evitar de esta manera cometer errores. Las escalas de los termómetros presentes en la Estación Meteorológica de Capacitación, están graduadas con una precisión de 0,1°C.

6.b. Termómetro de bulbo húmedo

Cuando el aire está constituido por una mezcla de aire seco y vapor de agua, se dice que es aire húmedo. Todas las muestras de aire tomadas sobre la superficie terrestre contienen una cierta cantidad de vapor de agua, pero en general, ésta no es suficiente para que el aire esté saturado.

El termómetro de bulbo húmedo consiste en un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón o muselina (tela), empapado permanentemente en una de sus

extremidades con agua destilada, quedando una parte (superior) expuesta a la circulación de una corriente de aire. El agua asciende por capilaridad humedeciendo el bulbo, y se puede leer sobre la escala del mismo la temperatura del aire con humedad.

La velocidad de evaporación del agua de la muselina del termómetro húmedo es tanto mayor cuanto más seco es el aire. El efecto de enfriamiento y, por lo tanto, la diferencia con el termómetro de bulbo seco es proporcional a esta velocidad de evaporación.

6.c. Termómetro de máxima

El termómetro de máxima registra la temperatura más alta del día.

Es un termómetro de mercurio similar al termómetro de bulbo seco con la diferencia que cerca del depósito tiene un estrechamiento del capilar. Cuando la temperatura sube, el mercurio se ve forzado a pasar por el estrechamiento y la columna avanza por el tubo capilar y la dilatación de todo el mercurio del bulbo vence la resistencia opuesta por el estrechamiento. Cuando la temperatura desciende, el mercurio se contrae, la columna se angosta en el estrechamiento y el extremo queda libre marcando la máxima temperatura alcanzada, la cual puede volver a la temperatura ambiente con accionamiento mecánico.

La escala del termómetro de la Estación meteorológica de Capacitación va de grado en grado y sus límites están comprendidos entre -38°C y 58°C .

Se coloca dentro del abrigo meteorológico en un soporte adecuado, por lo general de madera, con su bulbo inclinado hacia abajo (casi horizontal) que facilita la medición del mismo. Luego de la lectura, para volver a ponerlo a punto se debe sujetar firmemente por la parte contraria al depósito y sacudirlo con el brazo extendido (maniobra similar a la que realizamos para bajar la temperatura de un termómetro clínico) Esto suele ser suficiente para que la columna de mercurio baje hasta indicar la temperatura actual.

6.d. Termómetro de mínima

El termómetro de mínima registra la temperatura más baja del día.

Por lo general están compuestos de líquido orgánico, que puede ser alcohol y también existen de mercurio (ambos usados en la Estación de Capacitación).

El más corriente es el termómetro de alcohol cuyo capilar contiene un índice de vidrio, de color oscuro, muy ligero (de color azul, en el caso del de la Estación de la UNNE). Este índice se desplaza libremente en el líquido, pero no emerge debido a la tensión superficial.

El bulbo tiene en general forma de horquilla (para aumentar la superficie de contacto del elemento sensible). Cuando la temperatura baja, el líquido arrastra el índice porque no puede atravesar el menisco y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso. Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el índice y éste queda marcando la temperatura más baja por el extremo más alejado del bulbo.

Que el termómetro contenga alcohol y no mercurio se debe a que el punto de congelación del mercurio está en -32°C mientras que el del alcohol se localiza a una temperatura inferior.

La escala del termómetro de mínima de mercurio de la Estación de Capacitación va de grado en grado y sus extremos están comprendidos entre -58°C y 38°C .

La escala en el termómetro de mínima de alcohol tiene una apreciación de $0,2^{\circ}\text{C}$ y su rango de variación se encuentra entre los -47°C y 47°C .

Debe estar colocado dentro del abrigo meteorológico en una posición casi horizontal aunque en la práctica se coloca sobre un soporte que lo mantiene ligeramente inclinado con el depósito hacia abajo; de esta forma, la gravedad facilita el deslizamiento del líquido hacia el depósito.

Tras realizar la lectura directa de la temperatura mínima en el termómetro, éste se inclina ligeramente manteniendo su depósito hacia arriba; el índice se desplazará a lo largo del tubo capilar hasta alcanzar el menisco del extremo de la columna de alcohol en donde se para debido a la tensión superficial del menisco; ya está preparado para la siguiente observación.

También es necesario agitarlo de manera similar a lo indicado para el termómetro de máxima.

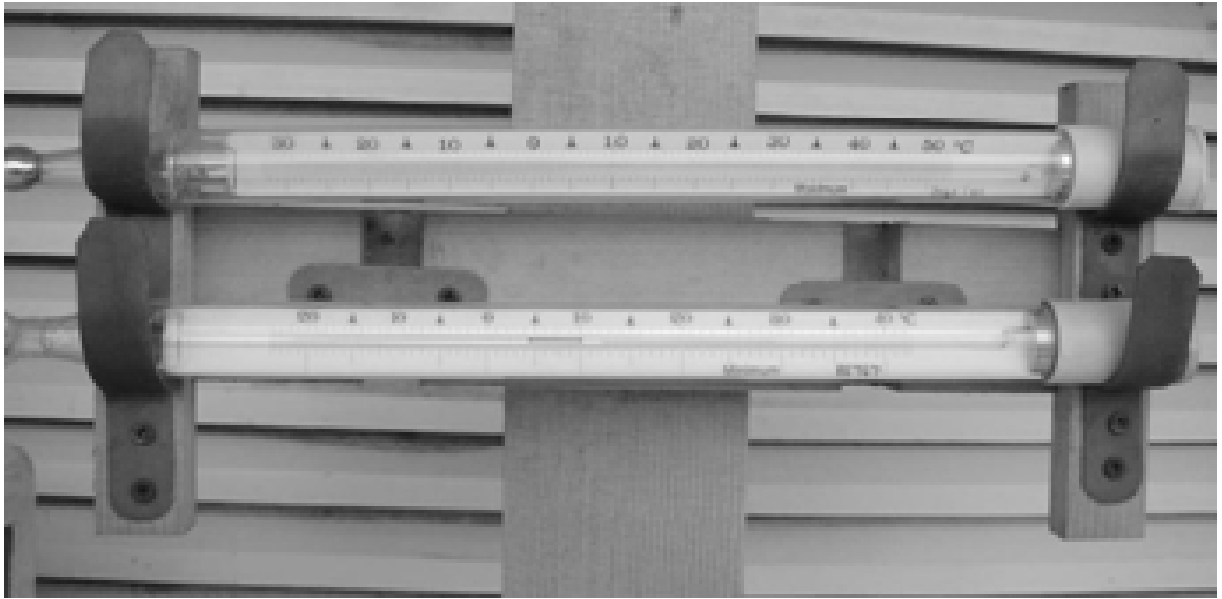


Figura n°10. Termómetro de máxima (arriba) y termómetro de mínima (debajo) – EMC - UNNE

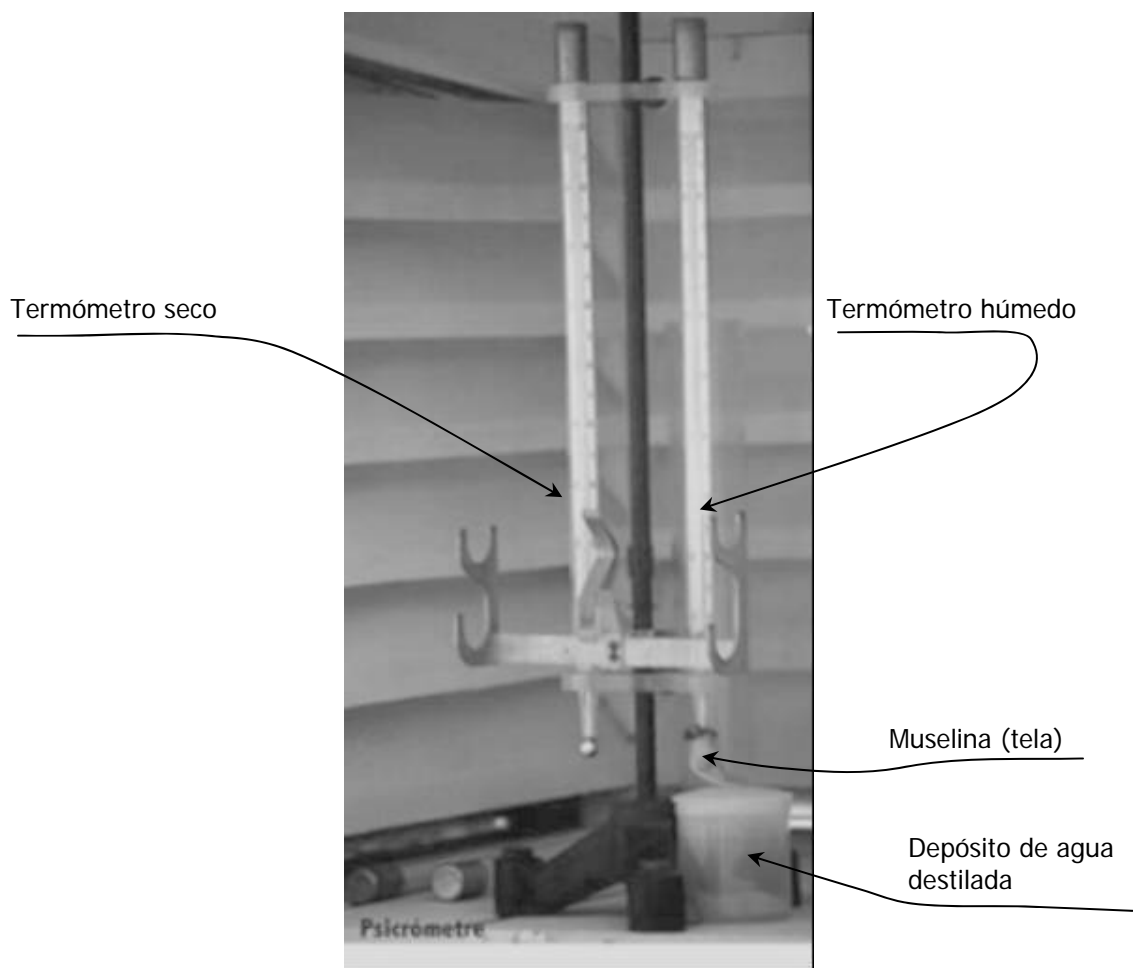


Figura n°11. Termómetros seco y húmedo

Mantenimiento

En el termómetro de bulbo húmedo se debe controlar diariamente el nivel de agua destilada en el depósito y restituirla en caso que sea necesario, para que la muselina se encuentre siempre embebida en agua.

Esto se hace para evitar que el agua de la muselina se evapore, absorba calor y el mismo mida un valor de temperatura mayor o a lo sumo igual al bulbo seco. La diferencia entre ambas medidas está relacionada, para cada temperatura y presión atmosférica, con el contenido de vapor de agua de la atmósfera.

Cuando la humedad relativa es de 100%, la lectura de ambos termómetros será igual y cuando hubiere poca humedad en el aire, la muselina evaporará más rápido y se notará más diferencia entre ambos termómetros.

El termómetro de bulbo húmedo se emplea para valorar el influjo de la humedad ambiente sobre la comodidad de los usuarios de locales. También puede ser utilizado para obtener diversos parámetros de humedad, tales como humedad relativa, temperatura del punto de rocío, la relación de mezcla, la presión de vapor y la presión de vapor de saturación.

7. VIENTO

Instrumental y Medición

7.a. Velocidad

Anemómetro: es un instrumento que permite determinar la velocidad media del viento. El mismo posee aspas separadas 120° entre sí, sobre las que actúa la fuerza del viento, pudiéndose leer el número de vueltas en el contador, siendo la velocidad de rotación del eje proporcional a la velocidad del viento.

El anemómetro posee un odómetro que registra la distancia recorrida por las cazoletas, y relaciona este valor con el intervalo de tiempo considerado para la medición, calculando así la velocidad del viento.

Su instalación se realiza mediante un mástil cuyo extremo va roscado en la parte inferior del instrumento. La longitud del mástil depende del estudio para el que se requiere los datos. Se coloca siempre el visor orientado hacia el sur para que los rayos solares no afecten los números del contador.

7.b. Dirección e intensidad

Veleta con rosa de los vientos: este instrumento permite apreciar la *dirección* del viento según 8 ejes (N, S, E, O, NE, SE, SO, NO). La misma debe instalarse a altura del piso de 5, 10 y 15m de altura que son las de uso de aplicación civil homologadas por el SMN e instaladas de forma perfectamente vertical. Para leer correctamente el observador debe colocarse debajo de la veleta, pues así se tiene mayor precisión que si se lee en forma oblicua.

La *intensidad* se estima mediante una placa metálica que oscila como un péndulo respecto de un eje horizontal, la cual está graduada en doce divisiones (ver imagen) que corresponden a las doce fuerzas o velocidades del viento de la escala de Beaufort.

El eje mismo y la escala del instrumento deben estar fijos a la veleta de modo que la placa tenga siempre un costado expuesto al flujo del viento.

A continuación se presentan los números de la escala de Beaufort, su relación con la velocidad del viento [en km/h] y la intensidad asignada:

Grados Beaufort	Viento (km/h)	Descripción
0	1	Calma
1	1 a 5	Ventolina
2	6 a 11	Flojito

3	12 a 19	Flojo
4	20 a 28	Fresco
5	29 a 38	Fresquito
6	39 a 49	Bonacible
7	50 a 61	Frescachón
8	62 a 74	Duro
9	75 a 88	Muy duro
10	89 a 102	Temporal
11	103 a 117	Borrasca
12	118 a 133	Huracán

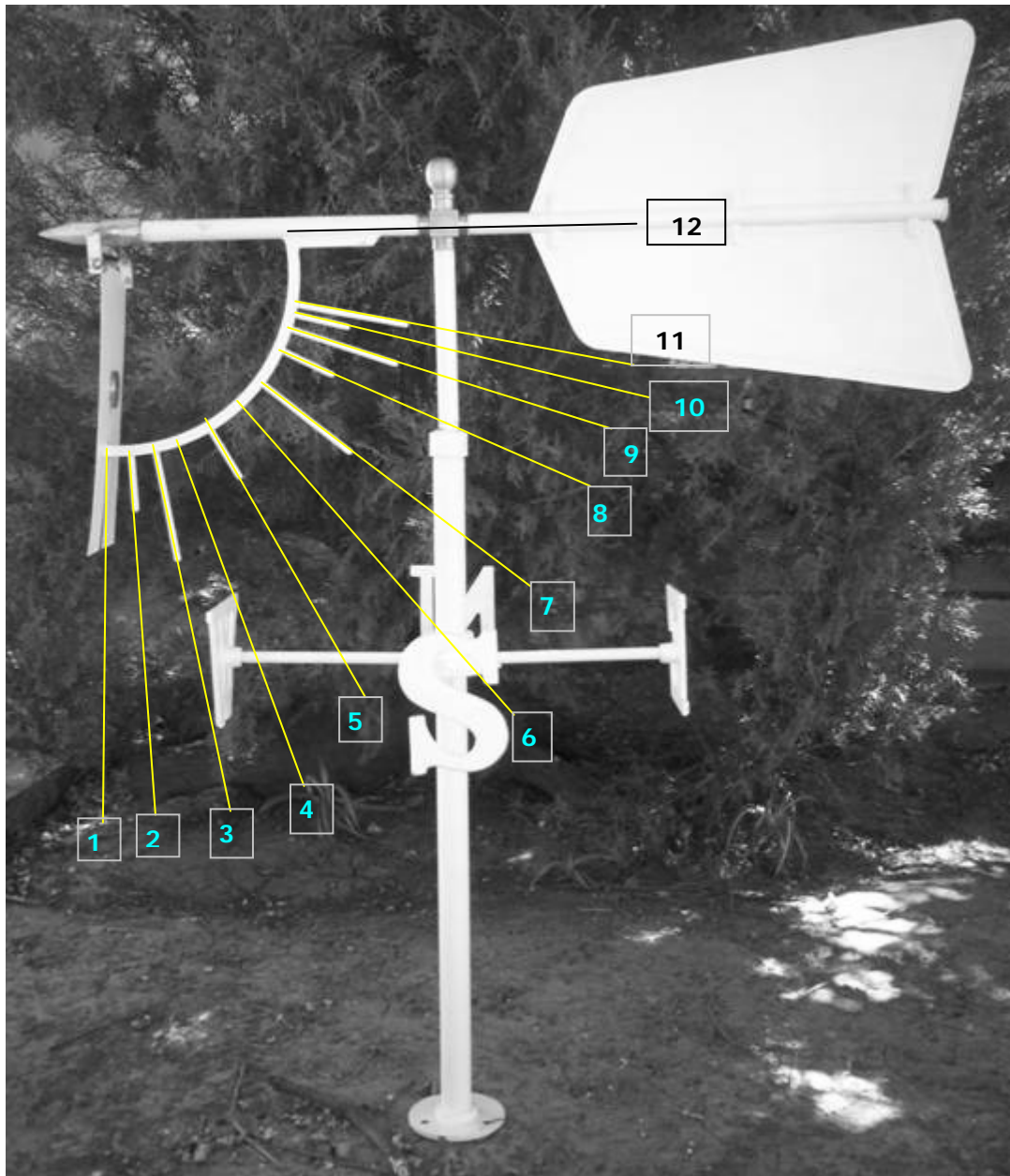


Figura n°12. Escala de Beaufort para medir la intensidad del viento.

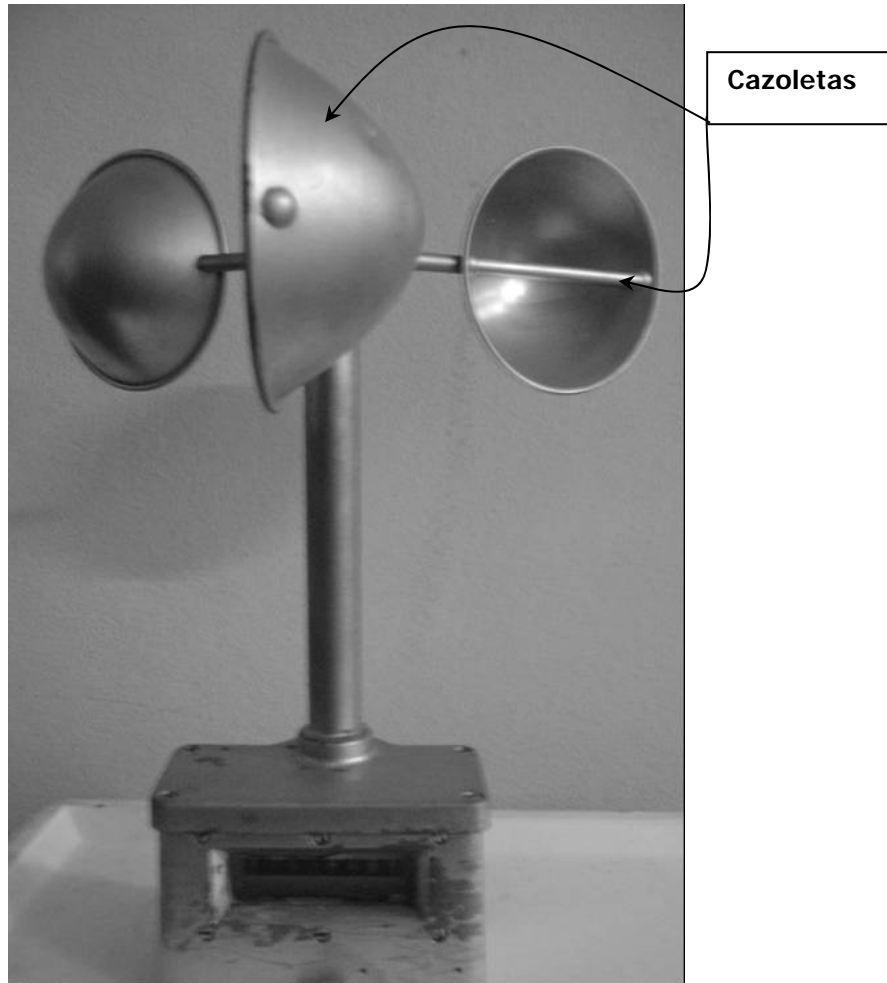


Figura n°13. Anemómetro: vista de las cazoletas

Mantenimiento

El *mantenimiento de la veleta* consiste básicamente en:

1. engrasado y limpieza de rulemanes,
2. control periódico de la orientación mediante una brújula,
3. verificación de los cables de sujeción ó del paramento que lo sostiene.

El *mantenimiento del anemómetro* consiste en:

1. control de las juntas de goma para evitar ingreso de agua y humedad, siendo conveniente colocar granos de silicagel en su interior con el objeto de absorber el vapor de agua que durante la noche se condensa, obstaculizando la lectura.
2. al menos dos veces al año desarmar el instrumento para verificar el funcionamiento de los rulemanes y lubricar los engranajes del contador.

Los instrumentos de medición de viento es recomendable que se sobreeleven 10m del terreno, y entre los mismos y cualquier obstáculo debe existir una distancia mínima de diez veces la altura del obstáculo.

8. NIVEL FREÁTICO

Instrumental

Freatímetro: consiste en una perforación cuya profundidad llega hasta la primera napa o napa freática. En el extremo posee un tubo de PVC de 0,10m de diámetro, el cual está sobreelevado 0,50m sobre el nivel del terreno natural y se prolonga hasta una profundidad de 5,50m.

La porción de tubo enterrada posee perforaciones en tres bolillos cada 5cm (ver figura n°13) que permite el libre ingreso del agua de la napa a cualquier nivel que se encuentre.

La profundidad de la napa se mide directamente con una cinta métrica en metros y con apreciación de milímetros.

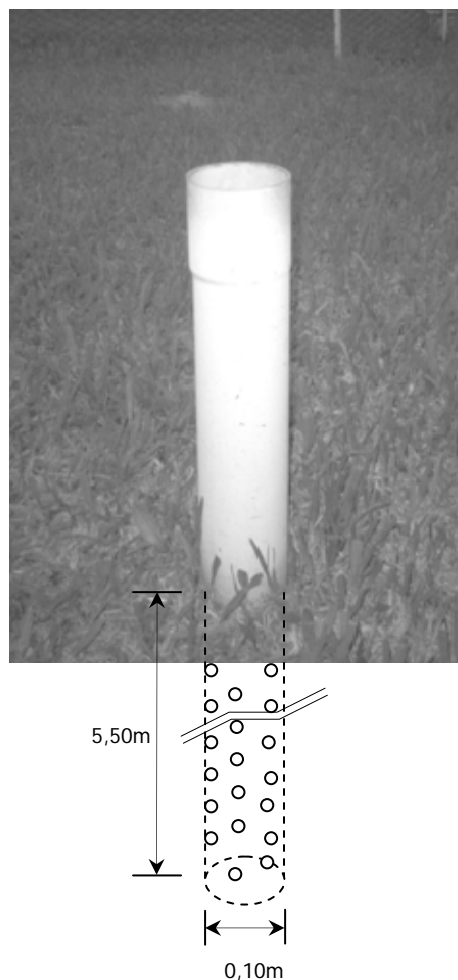


Figura n°14. Detalle del freatímetro y esquema de su proyección enterrada

9. EVAPORACIÓN

Definición

La evaporación que se mide es el volumen de agua que evapora (se convierte el agua líquida, contenida en el tanque, en vapor) al ser expuesta a la radiación solar.

Podemos agruparlos en cuatro clases (Tucci, 1977): enterrados, superficiales, flotantes y fijos.

Los disponibles en la Estación meteorológica de capacitación son el tanque tipo ó clase "A" del U.S. Weather Bureau y el evaporímetro Piche, ambos superficiales.

Instrumental

9.a. Tanque tipo "A"

Es el más común utilizado en el mundo occidental y se presenta en la figura n°8.

El mismo se encuentra apoyado sobre un enrejillado de madera de 10cm de alto (4") y de 7,5cm de ancho (3"), lo que indica que las tablas a lo alto están separadas 0,145m entre sí, tanto en uno como en otro sentido (a 90°) como se observa en la figura n°14. El enrejillado apoya directamente sobre el suelo. El mismo debe estar bien nivelado previo a la colocación del tanque (fig. 15).

El material de las paredes del tanque debe ser anticorrosivo: chapa galvanizada, chapa revestida ó acero inoxidable.

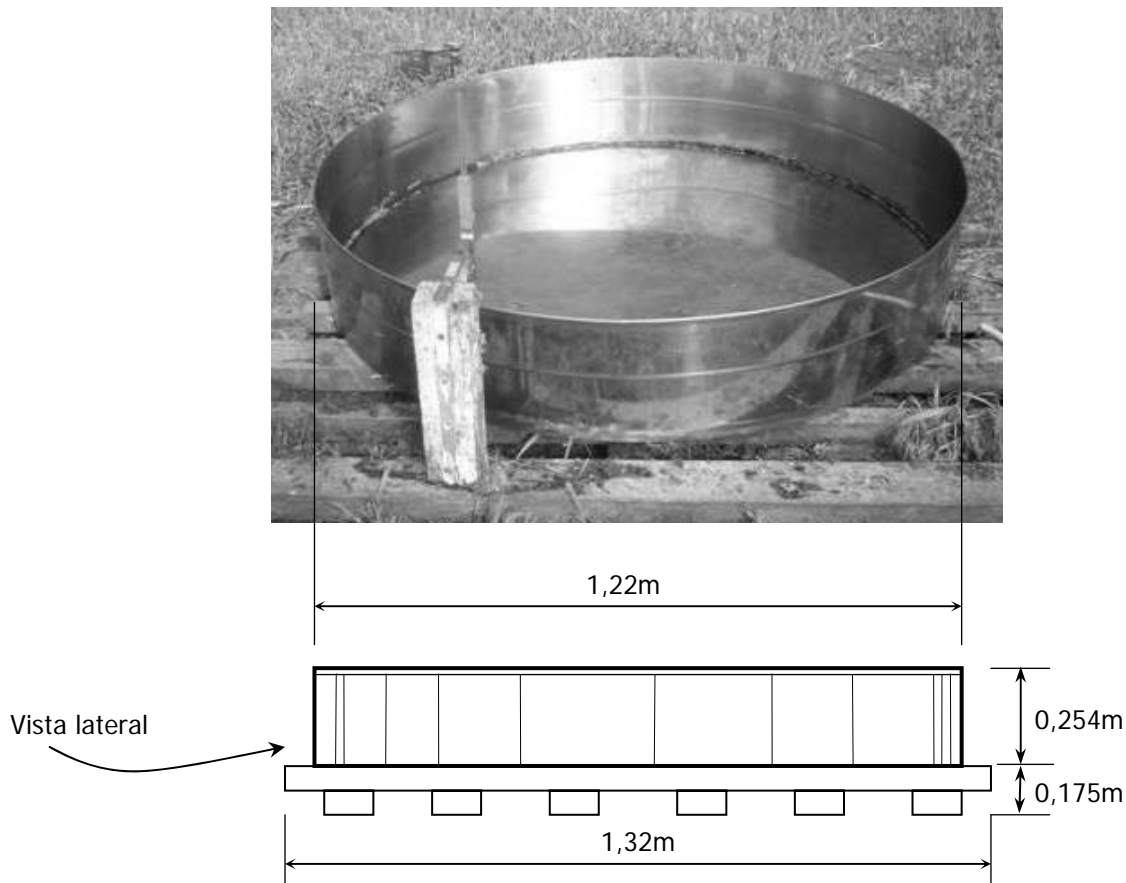


Figura n°15. Detalle del tanque evaporímetro tipo "A"

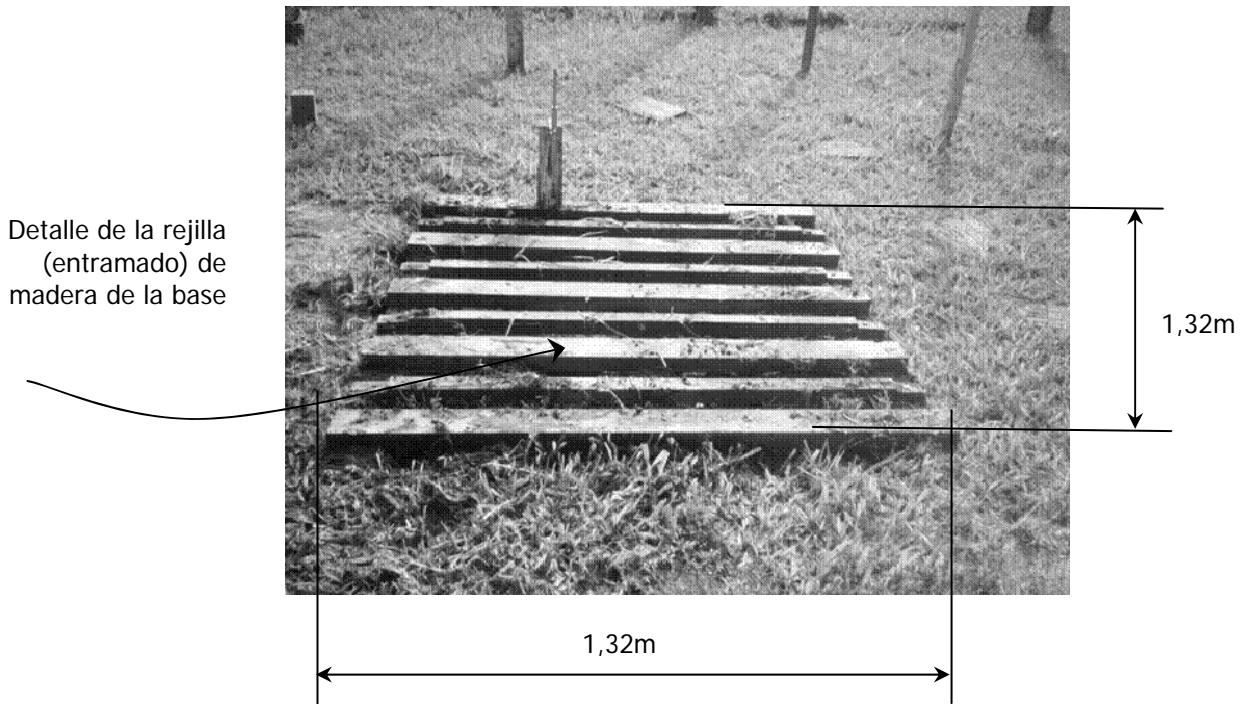


Figura n°16. Dimensiones del enrejillado del tanque de evaporación Tipo "A"

Hacia un costado se instala un medidor atmométrico con una probeta auxiliar.

El atmómetro deberá ser instalado dentro de un tubo o pozo tranquilizador, generalmente un cilindro ("vasito") hueco de acero inoxidable de 4cm de diámetro exterior y 6cm de altura, con un pequeño orificio en el fondo que permite el paso de agua y elimina en su interior las alteraciones del nivel causadas por ondas que pudieran formarse en la superficie libre del agua del tanque.

El nivel de agua dentro del tanque de evaporación no debe variar de 5 a 10cm por debajo del borde del mismo; y en época lluviosa el nivel debe mantenerse en 7,5cm para evitar rebalse del tanque por lluvias.

Medición

Para su medición se lee primero la regla graduada en centímetros (ver gráfico n°16), luego se coloca el recipiente cilíndrico en la guía y dentro del tanque, dejando que el agua ingrese por el orificio inferior hasta que se nivele para a posterior cerrar la válvula y así capturar el volumen de agua en exceso respecto de la regla, el cual es colocado dentro de la probeta graduada.

Se mide el valor dentro de la probeta, en centímetros y con apreciación de milímetros la cual es sumada al valor de la regla, obteniéndose la lectura diaria en centímetros y milímetros.

La lectura del día siguiente, tomada de igual modo, es restado con el valor del día anterior y se obtiene la evaporación en milímetros.

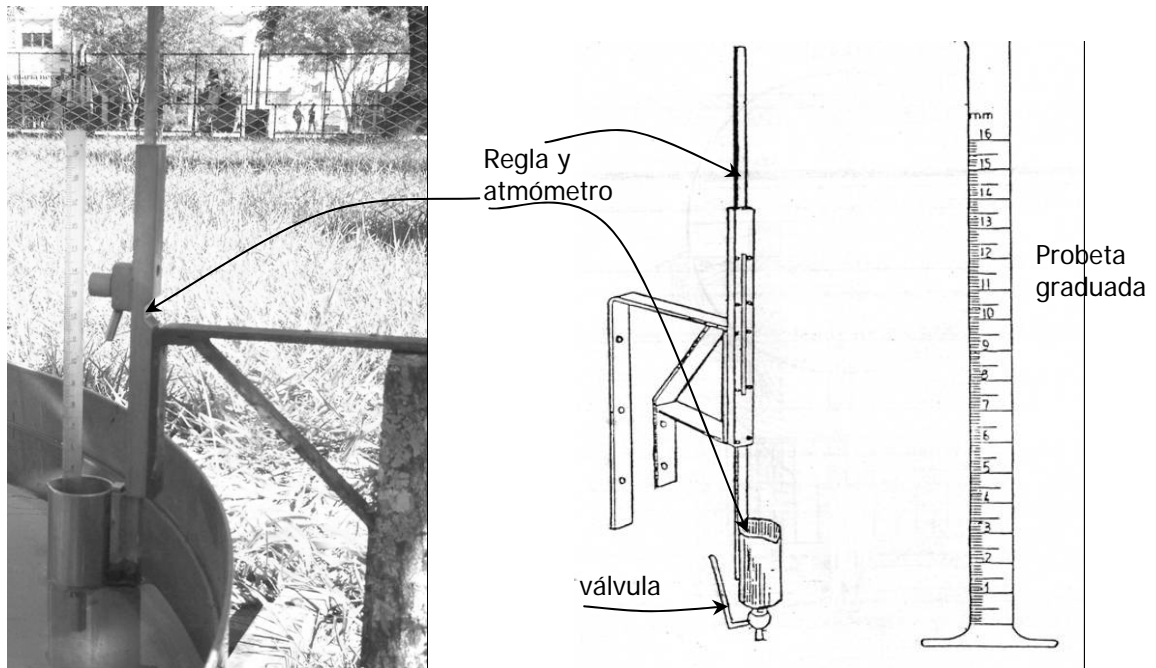


Figura n°17. Atmómetro: escala, tubo tranquilizador y probeta graduada

9.b. Evaporímetro Piche

Instalación

Aparato que mide la evaporación potencial: la cantidad de agua por unidad de área y de tiempo que evapora a través de una pequeña superficie porosa expuesta al aire libre.

Consta de un tubo de vidrio cilíndrico abierto por un extremo y cerrado por el otro, con una escala graduada y creciente en milímetros. En el extremo abierto, una pinza terminada en una arandela metálica hace que se pueda tapar con un disco de papel secante (ver figura n°17). Se rellena el tubo con agua (preferible de lluvia ó destilada), se tapa con el disco y se cuelga con este en la parte inferior, anotando la graduación alcanzada por el agua.

Para instalarlo se deberá invertirlo, llenarlo con agua destilada ó de lluvia, luego tapar la parte inferior con el papel y apretarlo sostenidamente con la mordaza hasta que se encuentre lo suficientemente firme. Luego invertirlo para que quede la escala correctamente y el filtro de papel en la parte inferior.

Medición

Día a día se mide la altura de la columna de agua (hay que tener en cuenta en ambos casos – tanque y piche - los efectos de la capilaridad del agua cuando se haga la lectura: tomar la medición en la parte inferior del menisco). La diferencia entre ambas alturas es la evaporación potencial del día anterior.

Los datos se expresan en milímetros de agua, unidad más usual.

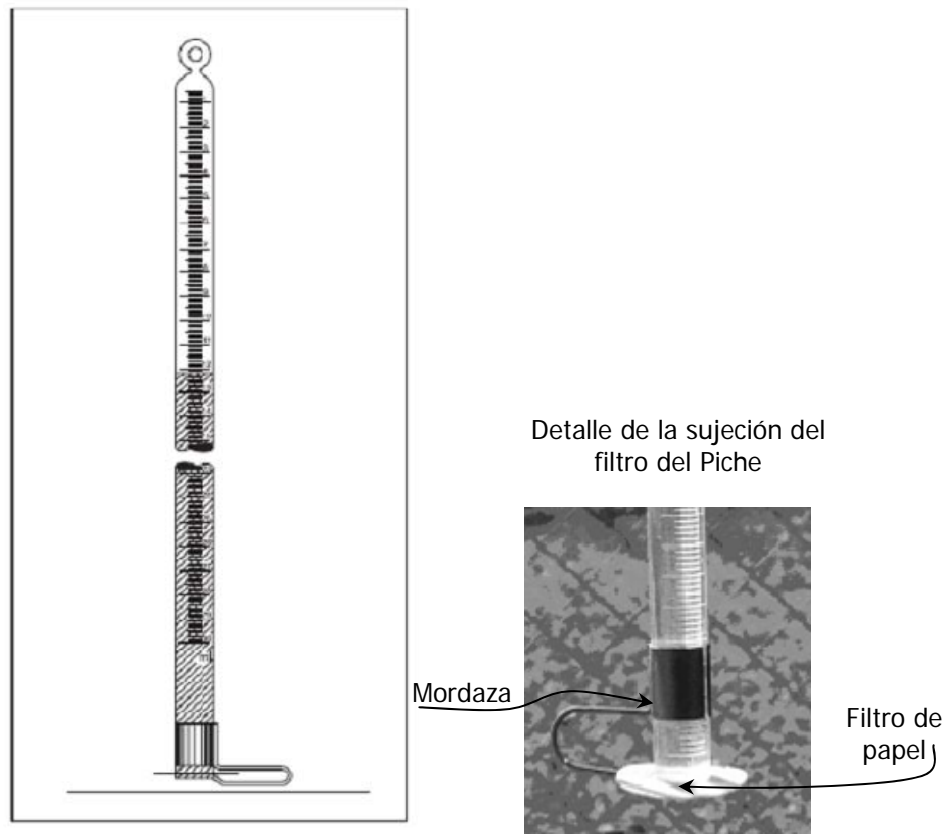


Figura n°18. Evaporímetro de Piche.

Mantenimiento

Cuando baje el nivel del agua se deberá volver a llenarlo y proceder al cambio del filtro. Es aconsejable cambiar el filtro entre 7 a 10 días.

10. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Definición

La presión atmosférica es la presión debida al peso del aire sobre la superficie terrestre y su unidad de medida es la atmósfera, definida como la fuerza que ejerce una columna de mercurio de 760 milímetros de altura a 45° de latitud, a nivel del mar y a una temperatura de 0°C.

En meteorología es frecuente expresar la presión atmosférica en milibares o milímetros de mercurio, hoy día la unidad usual son los hectopascales, y la equivalencia entre las unidades mencionadas es la siguiente:

$$1 \text{ atmósfera} = 1013,25 \text{ milibares} = 760 \text{ milímetros de mercurio} = 1033 \text{ hpa}$$

Instrumental

La presión es medida con un barógrafo que registra la variación temporal de la presión atmosférica.

El principio de funcionamiento de este instrumento se basa en la deformación que sufren una serie de cápsulas metálicas contiguas (aneroide) y distanciadas entre sí, debido a la variación de la presión atmosférica.

Cada cápsula aneroide es una celda de paredes metálicas delgadas y onduladas (ver imagen 19), que pueden ser de fosfato de bronce o de una aleación de cobre y berilio. La misma fue sometida al vacío a fin de que la temperatura del aire que contiene no influya sobre las mediciones efectuadas por el instrumento.

Las cápsulas están soldadas a un eje concéntrico a fin de que sumen sus efectos y accionen el mecanismo que transmite los datos a la pluma registradora. Las paredes de estas cápsulas se mantienen separadas por un resorte.

Como en la cápsula aneroide fue hecho el vacío, la presión atmosférica actuante tiende a aplastarla y el resorte a estirar las paredes en contra de dicha presión, entonces cuando ésta aumenta el resorte cede y la cápsula se aplasta; si por el contrario, la presión atmosférica disminuye, el resorte se alarga y la cápsula se dilata.

La deformación del aneroide se transmite al brazo registrador mediante un sistema de palanca y una pluma solidaria al mismo grafica la variación temporal de la presión atmosférica sobre una faja de papel graduada.

La faja se coloca sobre un cilindro que gira alrededor de su eje con movimiento uniforme el cual se encuentra vinculado a un mecanismo de relojería.

Sobre el eje giratorio del brazo registrador hay un amortiguador de tambor que lo hace relativamente sensible a las vibraciones, por lo cual el instrumento posee un sistema de seguridad que lo protege contra movimientos accidentales del brazo registrador.

Los aneroides están rodeados por una barra que lo protege, la cual también rodea al sistema de palanca y amortiguador, para evitar los golpes cuando se coloca la carcasa del instrumento.

Para levantar el brazo registrador existe un dispositivo separador a un lado de la barra protectora y con el botón de ajuste ubicado en la parte superior de la barra se ajusta la presión atmosférica exacta del lugar.

El barógrafo puede registrar variaciones de presión comprendidas entre 965 y 1050 milibares (724 y 788mm de mercurio), con una apreciación de 0,1milibar (0,075mm de mercurio).

Instalación

El barógrafo debe instalarse en el abrigo meteorológico puesto que debe estar a la sombra, sobre una superficie sin vibraciones y protegido de los efectos térmicos.

Para evitar la dilatación de las cápsulas por efecto de la temperatura se utiliza un bimetálico, que consiste de un elemento compuesto por dos metales cuyos coeficientes de dilatación se complementan de modo que la aguja quede fija y no se vea afectada por los cambios de temperatura. También se coloca dentro de la cápsula gas inerte que compensa esas variaciones.

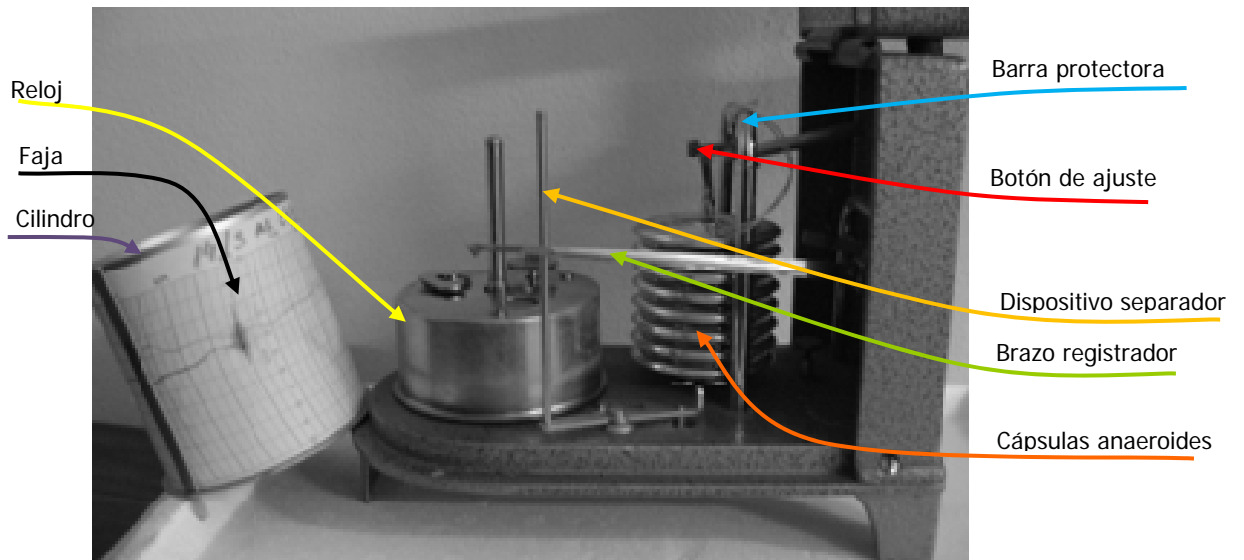


Figura n°19. Componentes del barógrafo.

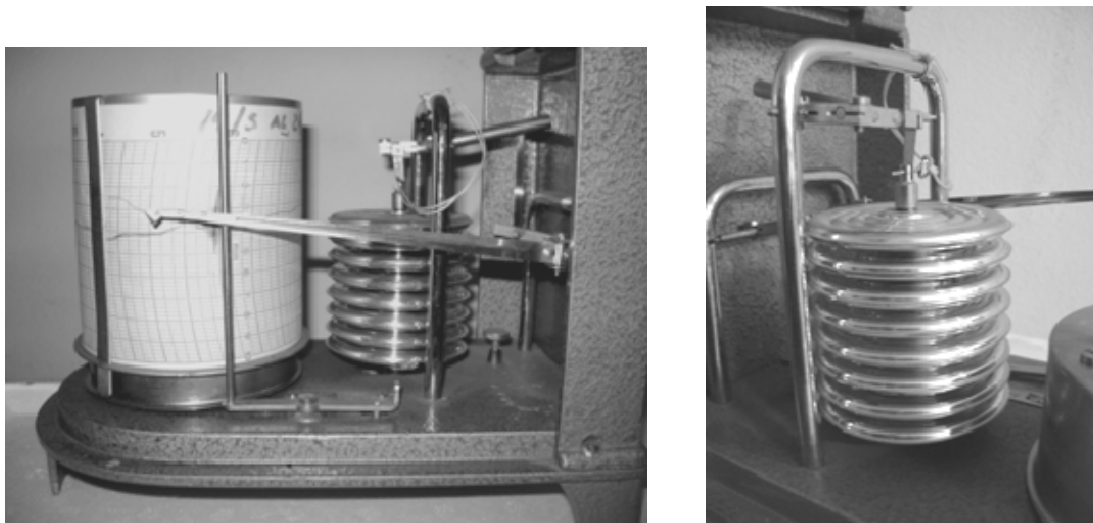


Figura n°20. Vista lateral y detalle del aneroide.

Mantenimiento

El mantenimiento del barógrafo involucra tareas de control y cambio de la faja registradora, dar cuerda al reloj y limpieza interior y exterior del aparato con un paño suave.

11. ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA

Definición

La Estación Meteorológica Automática [EMA] se define como “la estación meteorológica en la cual las observaciones son generadas y transmitidas automáticamente” (WMO, 1992a).

La misma está formada por una unidad central denominada también estación meteorológica o weather station en su acepción inglesa, la cual posee una memoria que almacena y un instrumental que capta datos, estos últimos pueden ser enviados de manera remota al procesador central o a una red (WMO, 1989a).

Según la Organización Meteorológica Mundial [OMM] la misma puede tener una cantidad variable de sensores los cuales pueden tener varios dispositivos combinados en la unidad central, lugar al cual se transmitirán los datos, almacenarán y se podrán retransmitir a otros centros, redes o computadores.

Debido a ello es común referirse a la misma como un sistema, en lugar de estación, por lo cual de aquí en adelante será indistinta su referencia con ambos nombres.

La Comisión de Observación de Instrumentos y Métodos (CIMO en inglés) recomienda lo siguiente:

- Que al introducir nuevos sistemas de medición, los mismos sean suficientemente documentados para un adecuado conocimiento de sus características, alcances y algoritmos utilizados;
- Ver acerca de la evaluación y validación de los sistemas automáticos;
- Ver cuáles son las mejoras en la eficiencia de los nuevos sistemas;
- Que la documentación y guías que sirvan como soporte a los usuarios estén suficientemente desarrolladas;
- Que existan programas de mantenimiento y calibración adecuados de las EMA;
- Desarrollar y aplicar métodos de uso masivo que permitan el funcionamiento conjunto de ambas observaciones generadas: la tradicional y la automática.

Algunos requerimientos climatológicos a considerar

La OMM (1993) considera necesario para la integridad, homogeneidad y utilidad de los datos, tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- Cuando se trate de una estación automática que reemplaza a una manual que estuvo operando durante un periodo prolongado, debe existir suficiente superposición en las observaciones, las cuales dependen de las medidas de diferentes variables; a modo de guía recomienda lo siguiente:
 - Para velocidad y dirección del viento: 12 meses
 - Temperatura, humedad, insolación y evaporación: 24 meses
 - Precipitación: 60 meses (operando en paralelo y comparando ambos)
 - Como regla general medir en forma superpuesta durante 24 meses (dos periodos estacionales)
- Mantener la precisión de los datos en las estaciones automáticas;
- Los requerimientos actuales y futuros de los usuarios de datos climáticos podrían definir la precisión en los criterios de captura de datos en las observaciones automáticas;
- Capacitar a los usuarios particulares de datos para una correcta captura y uso de los datos de las EMA;
- Estandarizar las variables meteorológicas provenientes de las EMA con un record mínimo y básico, como temperatura, precipitación, presión atmosférica y viento, entre otros.

Tipos de estaciones meteorológicas automáticas

Existen diferentes tipos de EMAs según las necesidades; desde las más simples que solo captan datos, hasta las más completas que poseen aplicaciones en investigación.

A las EMAs es posible agruparlas, sin que ello sea taxativo y concluyente, según:

- EMA en tiempo real: proveen datos, en tiempo real, generalmente a intervalos programados en función del tipo de estación meteorológica; como ejemplo es posible citar el monitoreo de altura de ríos y/o tormentas;
- EMA fuera de línea: captura los datos y los almacena en un sitio prefijado, y requiere la intervención de un operador para el envío a potenciales usuarios en forma remota; son los más típicos en uso.

Instalación

Generalmente son de fácil armado y sujeción, las comerciales vienen provistas de un manual de instalación que facilita la misma, como se muestra en la siguiente figura a modo de ejemplo:

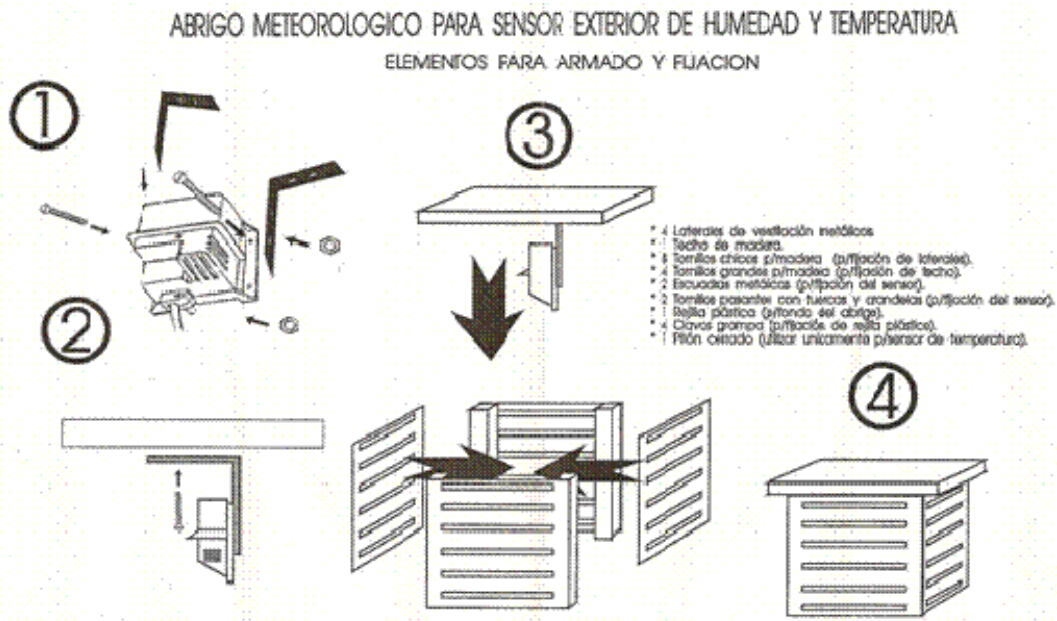


Figura n°21. Ejemplo de instalación de EMA.

A modo de ejemplo, se presentan imágenes de la estación marca Davis®, con el objeto de que sirvan de orientación y muestra de los componentes más comunes:



Figura n°22. EMA Davis®: monitor climático, programable.

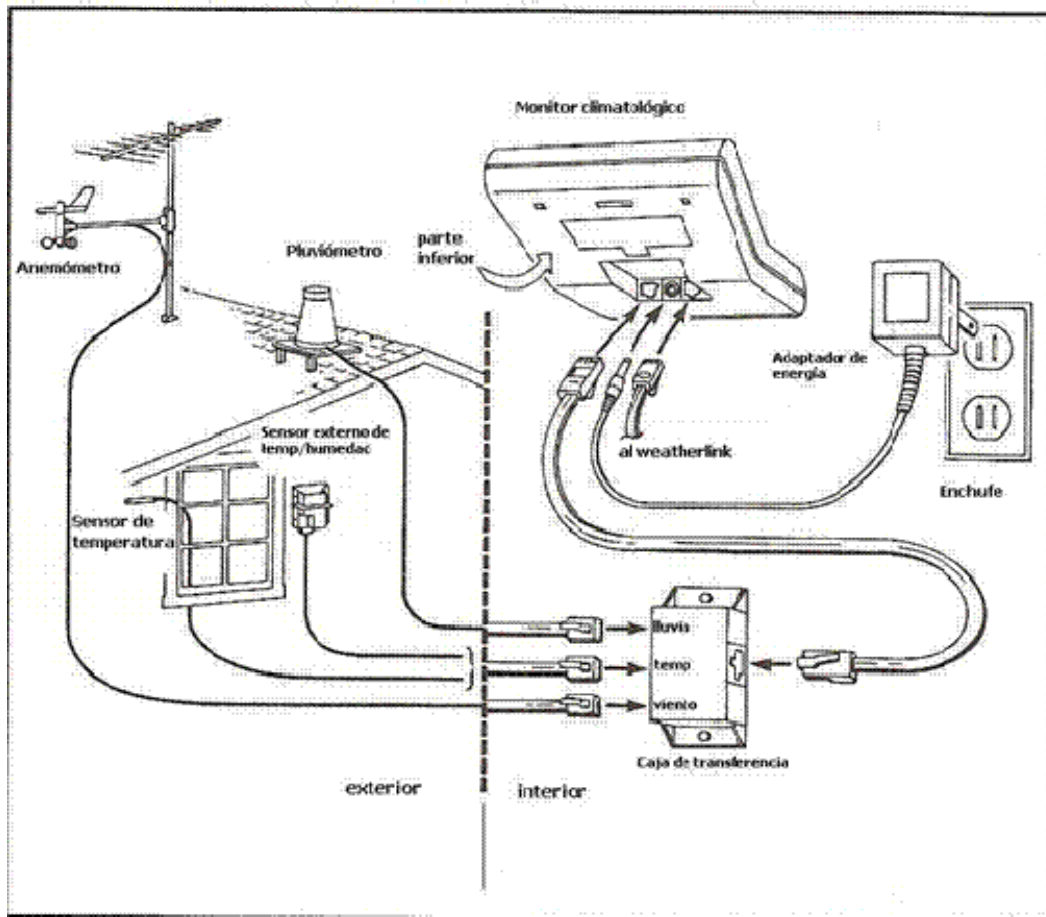


Figura nº23. EMA Davis®: vista de una instalación típica.

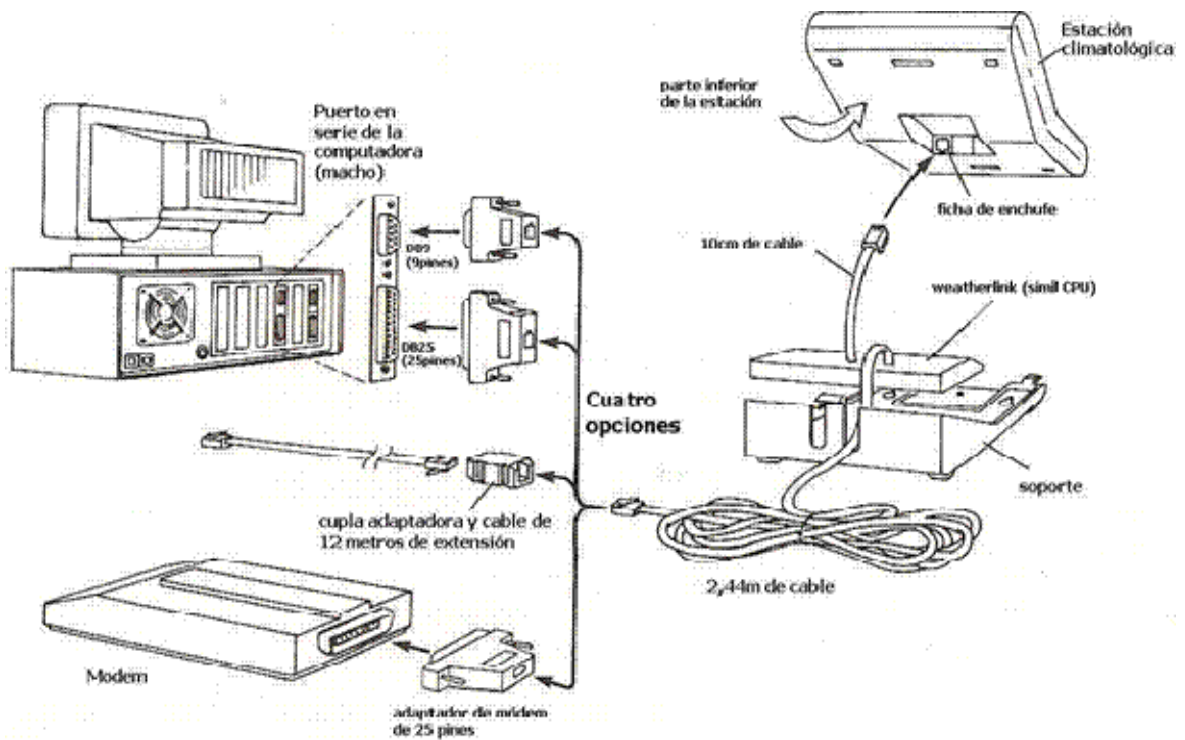


Figura nº24. EMA Davis®: instalación y conexión a PC.

PLUVIOMETRO

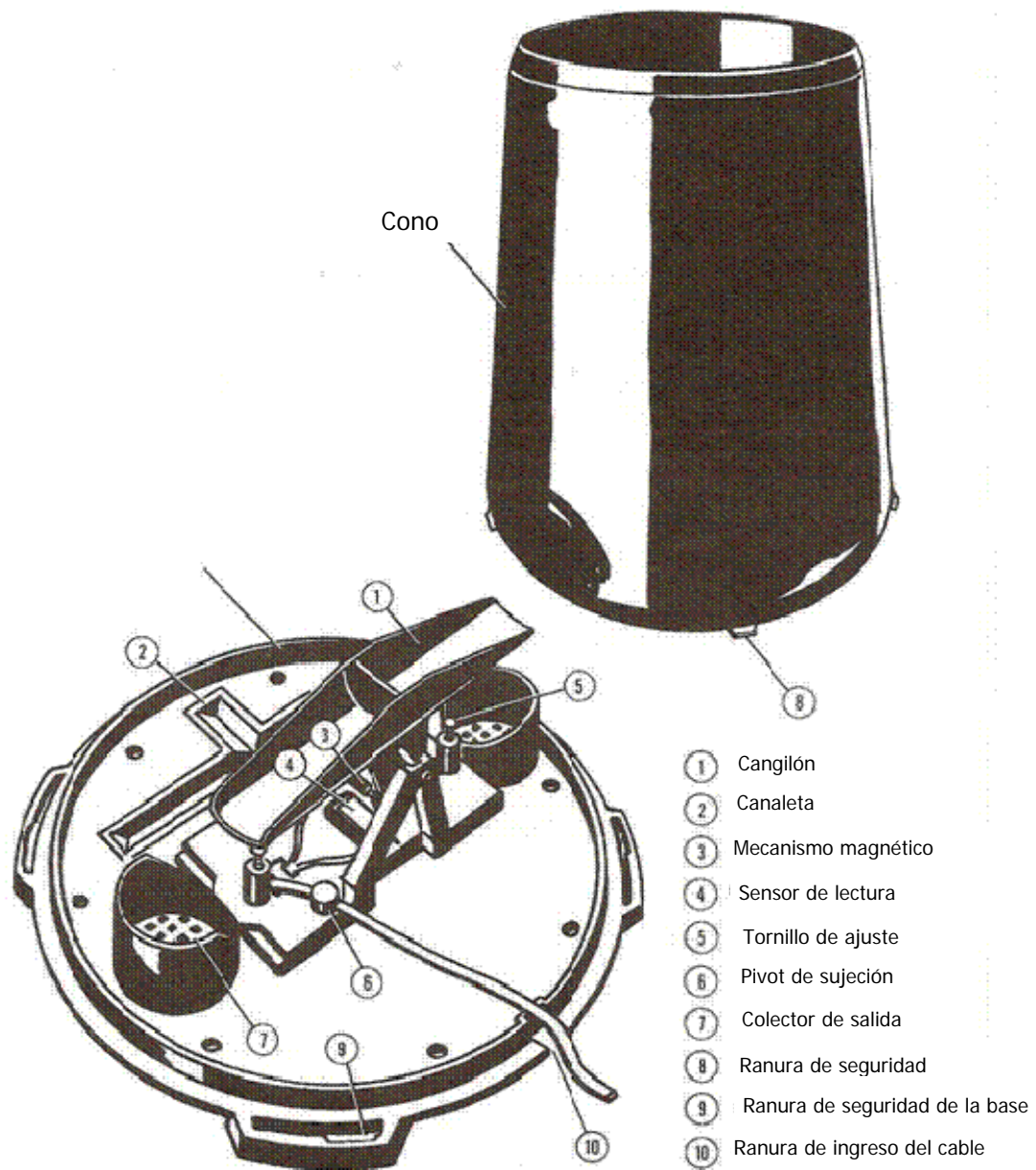


Figura n°25. Detalle del pluviómetro (Davis®)

Mantenimiento

En general este tipo de estaciones requieren poco mantenimiento.

Es necesaria la limpieza del embudo del pluviómetro, en el cual no se atasquen elementos extraños; revisión periódica de los bornes de contacto; control del anemómetro que gire libremente y que la fuente de energía que alimenta a la unidad de memoria funcione correctamente (con el voltaje requerido).

12. BIBLIOGRAFÍA

1. **Davis.** (1993). Manual del usuario – Versión 2.1. Quinta edición. Davis Instruments Corp. Hayward, California.
2. **Dos Santos, I. et al.** (2001). Hidrometría Aplicada. Ed. CEHPAR – Centro de hidráulica e Hidrología Prof. Parigot de Souza. Instituto de tecnología para o Desenvolvimento. Curitiba, Brasil.
3. **Monsalve Sáenz, G.** (1999). Hidrología en la ingeniería. (segunda edición). Ed. Alfaomega y Ed. Escuela colombiana de Ingeniería. Colombia.
4. **Springall, R. (?)**. Hidrología. Universidad Nacional Autónoma de México. Apunte del centro de Estudiantes, FI-UNNE.
5. **Tucci, C.E.M. (organizador).** (1997). Hidrologia. Ciencia e aplicacao. Segunda edicao. ABRH, Porto Alegre.
6. **Rodríguez, E.** (1981). III Curso de capacitación técnica en mediciones hidrológicas y tratamiento de datos. UNL-BID-INCYTH. CIHRSA (Convenio INCYTH-CONICET). Villa Carlos Paz, Córdoba. Argentina.
7. **Ven Te Chow, Maidment, D., Mays, L.** (1994). Hidrología aplicada. Ed. Mc Graw Hill, Santa Fe de Bogotá, Colombia. Págs. 465-471.
8. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/estacion%20meteorologica.htm>
9. <http://www.eps-cunha-rivara.rcts.pt/meteorologia/instrumentos.htm#EvaporímetroBevaporação natural>.
10. http://web.rcts.pt/~pr1085/Instrumentos/Evaporímetro_de_piche.htm
11. <http://www.ig.ufu.br/2srg/3/3-129.pdf>
12. <http://www.colpos.mx/IRENAT/agm/instru.pdf>
13. www.tutiempo.net
14. www.meteored.com
15. www.insivumeh.gob.gt
16. www.meteorologia.com.uy
17. www.mailxmail.com
18. <http://canaltiempo.iespana.es/termometrominima.htm>
19. http://ocwus.us.es/produccion-vegetal/climatologia-agricola/practicas/page_07.htm
20. www.insivumeh.gob.gt/meteorologia.html
21. www.inamhi.gov.ec/educativa/diccionario/letraB.htm
22. www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/instrumentos.htm
23. www.meteo.rouzaut.es/lufft/marcos/barometros/registradoresmecanicos/8075r3.htm
24. www.rumtor.com/barometro.html
25. http://www.davisnet.com/news/d_vs_c.asp
26. http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.html