

Capítulo 1.- Observaciones meteorológicas.

1.1.- Instrumentación básica.

La confección de un mapa meteorológico de superficie se basa en la medida simultánea de las principales variables meteorológicas en un número elevado de puntos sobre la superficie del planeta. De esta forma se obtiene una especie de “foto instantánea” en el nivel de superficie, que permite trazar las líneas isobáricas, los frentes y las configuraciones báricas en general, que a un observador avezado le permiten traducir en “tiempo meteorológico” sobre una región dada.

De lo que antecede se desprenden tres exigencias fundamentales para las observaciones meteorológicas:

- a) La simultaneidad horaria.
- b) La representatividad geográfica del observatorio.
- c) La normalización instrumental.

En lo que concierne a la primera, se adopta internacionalmente el tiempo horario que corresponde al meridiano cero, o meridiano de Greenwich, de manera que en lo que sigue todas las horas expresadas se identificarán como hora GMT, hora ZULU u hora UTM.

El lugar de instalación de un observatorio debe ser representativo de la comarca. Si esta es llana no resulta difícil aceptar criterios de isotropía y homogeneidad para ubicar los distintos

6 Capítulo 1.- Observaciones meteorológicas

observatorios que conforman una red meteorológica adecuada, lo que permitirá efectuar interpolaciones lineales entre las variables medidas con suma facilidad. Si la comarca posee un relieve más accidentado, con desniveles, barrancos, diversidad de cultivos y núcleos urbanos, será preciso multiplicar el número de observatorios, y la interpolación de variables tendrá más dificultades. En zonas montañosas se evitarán los barrancos y las colinas abruptas y, aunque la presencia de árboles pudiera ser recomendable, por cuanto suponen un abrigo del viento, ha de cuidarse que no originen turbulencias demasiado grandes.

Todas las exigencias han de ser, desafortunadamente, marginadas en la mayoría de los casos, porque los terrenos o inmuebles de instalación son cedidos, generalmente, para su uso por propietarios particulares, o porque el observatorio se encuentra vinculado a instalaciones anexas que imponen sus propias condiciones (aeródromos, estaciones marítimas, centros agronómicos o dependencias administrativas).

A modo de ejemplo citaremos que, según el estudio realizado por J. Sánchez Rodríguez, del Instituto Nacional de Meteorología de España, para cubrir adecuadamente el territorio nacional (500000 km²) serían necesarias 445 estaciones de observación, ubicadas en cuadrículas de 75 km de lado, para la mitad del territorio (el más llano), y en cuadrículas de 25 km de lado para la mitad más montañosa.

Es evidente que en mares y océanos, el problema de la representatividad territorial desaparece como tal, por lo que la red de observación podría ser mucho más rala. De hecho, los OWS (buques de observación meteorológica) cubren un área de 200 millas de lado. Sin embargo, la enorme extensión oceánica y la escasez de estaciones flotantes hace que las observaciones efectuadas en las mismas sean realmente valiosas.

En cuanto al equipamiento básico de que ha de estar dotada una estación sinóptica, convenimos en exigir, al menos, los siguientes instrumentos:

- Garita meteorológica ventilada y protegida de modificaciones ambientales.
- Termómetro y termógrafo.
- Anemoveleta.
- Pluviómetro y pluviógrafo.
- Psicrómetro e higrógrafo.
- Termómetro de máximas y mínimas.
- Barómetro y barógrafo.

1.1.1.- Garitas meteorológicas.

Las garitas meteorológicas (Figura 1.1) poseen una doble función: de una parte una acción protectora frente a la agresión de la intemperie, y por otra una buena inserción de equilibrio térmico con el ambiente exterior, mediante paredes de lamas espaciadas. En particular los termómetros deben estar situados en el interior de estas garitas porque, como el aire es transparente a la radiación solar directa y difusa, así como a la procedente del suelo, no hay alteración de temperatura por causa de la radiación en el instante de medirla, pero si la hay para sensores termométricos expuestos a la intemperie.

Desde un punto de vista meteorológico, se entiende por temperatura a nivel del suelo, la representativa de una capa de aire entre 1.5 m y 2 m por encima de la superficie libre del mismo, por lo que esta ha de ser la altura de las garitas, que han de estar pintadas de blanco para reflejar al máximo la radiación, y construidas con material hidrófugo que no incorpore humedad al interior.

El ángulo formado por las lamas de las paredes laterales ha de mantener la ventilación al tiempo que evite el viento, pues la transferencia calorífica en una superficie en el seno del

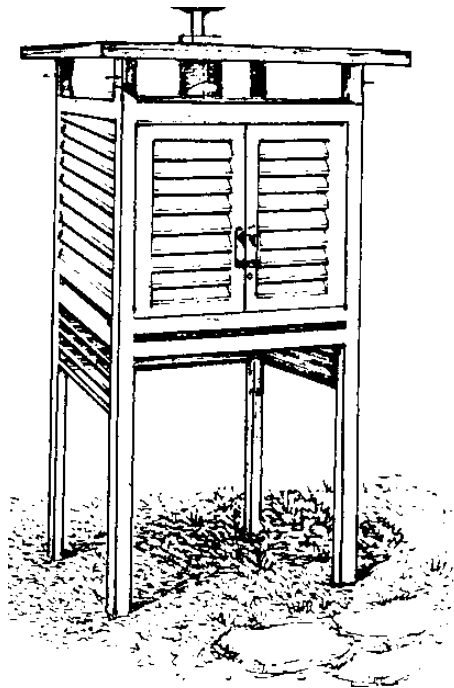


Figura 1.1.- Garita meteorológica

aire depende de la velocidad del viento. La puerta de las garitas debe orientarse al norte, para evitar que la radiación solar directa incida sobre los instrumentos alojados en ellas.

1.1.2.- Termómetros y termógrafo.

Los termómetros suelen efectuar su medida sobre la base de un equilibrio térmico entre el instrumento y el ambiente cuya temperatura se desea conocer.

En Meteorología es necesario conocer la temperatura del aire cercano al suelo, a varias profundidades del mismo (5-10-20-50 y 100 cm), en las ramas y follaje de los árboles, en la superficie de las aguas de mares, ríos y lagos, y en niveles superiores de la atmósfera. La medida de la temperatura, en cada caso, requiere tanto de instrumentación como de técnicas específicas.

La medida de temperaturas se efectúa de forma indirecta, a través de alguna otra magnitud física que varía con la primera. Así, podemos hacer una clasificación de los sensores termométricos en:

1.- *Sensores de dilatación.*

- a) De gas encerrado en recipiente de volumen constante.
- b) De líquido en recipiente capilar
- c) De doble lámina.
- d) De líquido en tubo metálico.

2.- *Sensores de tensión de vapor.*

3.- *Sensores eléctricos.*

- a) De resistencia
- b) De par termoeléctrico.

4.- *Electrónicos.*

- a) De termistancia.
- b) Semiconductores.

5.- *Radiométricos.*

- a) Teleradiómetros
- b) Fotodiodos y telemetría de fibra óptica.

Recordemos que, aunque la radiación solar, la difundida por las nubes o la reflejada por el suelo, no provoca alteración importante en la temperatura del aire, si puede hacerlo en los instrumentos termométricos, rompiendo el equilibrio térmico entre estos y el medio en que se encuentran. Es por ello que el termómetro debe estar protegido de la radiación.

El termómetro de gas a volumen constante es el más preciso de todos, por lo que suele ser empleado como patrón de medida. Tengamos en cuenta que el coeficiente de dilatación de un gas real es próximo al de un gas ideal ($3.6 \times 10^{-3} \text{ C}^{-1}$), y su relación con el coeficiente de

dilatación del recipiente que lo contiene puede ser mayor de 1000 para el acero invar, unas 300 para el cuarzo y 150 para el vidrio común, con lo que se puede considerar la dilatación del gas con absoluto desprecio para la del recipiente que lo contiene.

No obstante, los termómetros de líquido en vidrio son los más utilizados por su sencillez de manejo, compensando su leve imprecisión con un acentuado cuidado en su fabricación: homogeneidad del capilar, pureza del líquido, etc. Si el líquido empleado es mercurio, las lecturas inferiores pueden alcanzar hasta los $-38.87\text{ }^{\circ}\text{C}$, aprovechando así la regularidad de su coeficiente de dilatación. Para temperaturas inferiores, de hasta -58°C , se emplea una mezcla de mercurio y talio.

Para medir la temperatura de la superficie del agua marina suele emplearse un sensor de termistancia, arrastrado por popa mediante un cabo. También se utiliza, a veces, la temperatura del agua que entra para el circuito de refrigeración, o bien un termómetro de mercurio con su depósito en contacto con un recipiente que, al sumergirlo y después recobrarlo, arrastra una porción de agua cuya temperatura no varía en el intervalo de tiempo necesario para efectuar la lectura.

Los termómetros de doble lámina consisten en un sensor curvado, compuesto por dos láminas adosadas de materiales con distintos coeficientes de dilatación. La diferencia de longitudes provocada en uno y otro material por una temperatura dada, produce una curvatura que es ampliada por un juego de palancas, que multiplica el efecto, permitiendo así medir con claridad la temperatura del medio en que se halla el aludido sensor. Este sensor bimetal es el que habitualmente se emplea para construir los termógrafos, instrumentos destinados a registrar la temperatura de manera continua en el tiempo (Figura 1.2). Para ello, al final del índice de lectura se suele colocar una punta entintada que descansa sobre una lámina de papel enrollada sobre un cilindro giratorio. El régimen de revoluciones de este cilindro suele calibrarse para una revolución diaria, o semanal. De esta manera, al concluir el tiempo prefijado, en el papel queda registrada la fluctuación experimentada por la temperatura en ese periodo. El papel se encuentra graduado y el índice termográfico dispone de un tornillo de ajuste, de forma que se puede hacer coincidir la punta del marcador con un trazo de la escala en el momento de iniciar el registro. Observando y marcando la temperatura en dos puntos dados, queda establecida una escala de temperaturas asociada a la impresión sobre el papel.

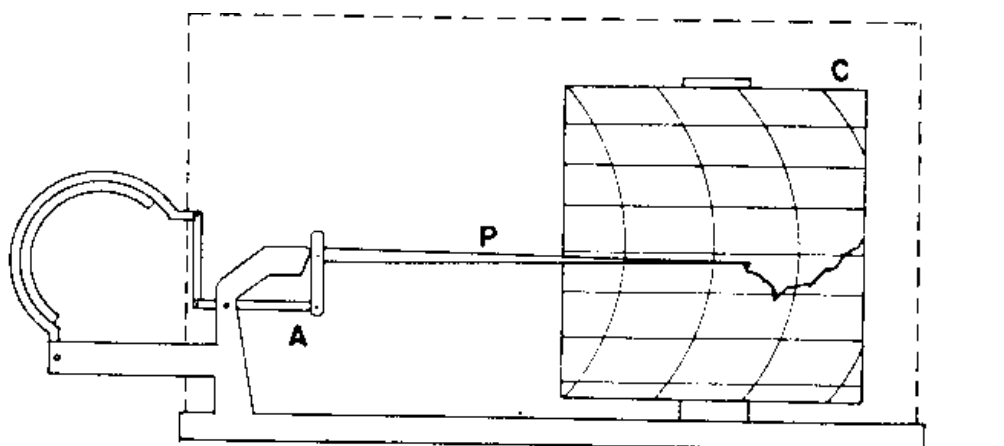


Figura 1.2.- Termógrafo

1.1.3.- Anemoveleta.

Los sensores de viento deben captarlo a una altura entre 6 y 10 metros sobre el suelo efectivo, de forma que si el terreno fuera arbolado, entendemos por viento en superficie al que reina a esa altura por encima de las copas de los árboles. Conviene evitar la presencia de antenas gruesas o chimeneas en sus proximidades, lo que adquiere especial importancia en su instalación a bordo de buques. En realidad existe una enorme controversia acerca de la correcta medida del viento y las interacciones perturbadoras del contorno.

La dirección del viento puede ser observada a partir de las desviaciones que el mismo produce en distintos tipos de objetos. Así, con carácter elemental, podemos disponer cintas, humos o mangas, que permiten conocer con facilidad modificaciones en la dirección media del viento. No obstante, el instrumento más antiguo para determinar la dirección del viento es la veleta. Se trata de un dispositivo capaz de girar libremente en torno a un eje vertical, con una estructura asimétrica, de forma que el viento entra por el tramo más corto, y sale por el más largo, donde se encuentra uno o varios perfiles aerodinámicos que mantienen alineada la veleta y el viento. Ambos tramos deben encontrarse perfectamente equilibrados respecto del eje de giro y su rozamiento ha de ser mínimo a fin de que no existan orientaciones preferentes en ausencia de viento. En la Figura 1.3 se representan distintos perfiles empleados para las veletas.

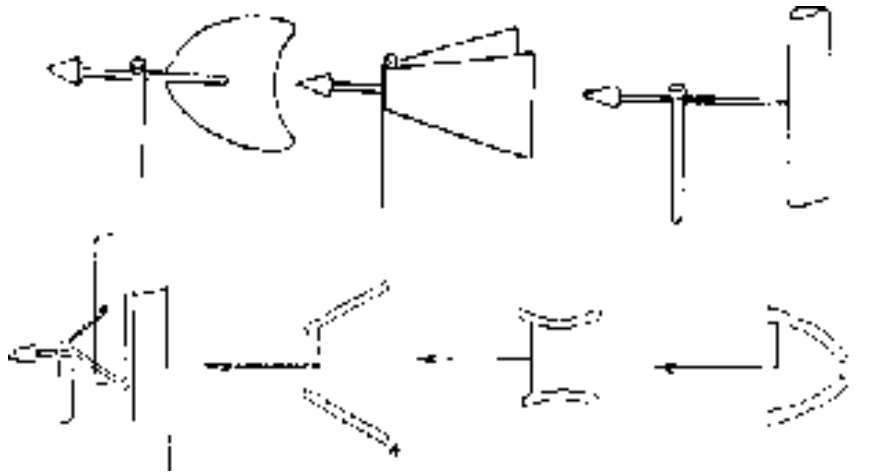


Figura 1.3.- Diversos perfiles para veletas.

La intensidad del viento se determina mediante los anemómetros, que se denominan *eulerianos* cuando determinan la velocidad del viento en un punto fijo, y *lagrangianos* si lo hacen a lo largo de una cierta trayectoria, que puede discurrir a un solo nivel, a varios o en un nivel variable a equilibrio de presión.

Los anemómetros eulerianos suelen clasificarse en:

- Anemómetros de rotación (de molinetes o de eje horizontal, y de cazoletas o de eje vertical).
- Anemómetros de presión (de sonda de Pitot-Prandtl o de presión sobre plancha).
- Anemómetros termodinámicos.
- Anemómetros sónicos.

Los anemómetros lagrangianos pueden ser:

- Anemómetro óptico.
- Anemómetro radar (radio-receptor).

El anemómetro de molinete (Figura 1.4) consiste en una distribución radial de álabes situados en torno a un eje horizontal que gira bajo la acción del viento, y cuyas revoluciones son “contadas” y transformadas en velocidad del viento. Estos anemómetros son muy ligeros y poseen muy escaso rozamiento, pero resultan demasiado frágiles ante ráfagas o vientos intensos, por lo que en la actualidad han caído en desuso.

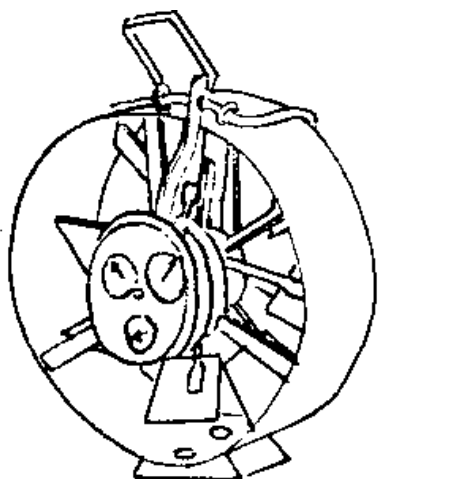


Figura 1.4.- Anemómetro de rotación horizontal.

El de cazoletas dispuestas en torno a un eje vertical (Figura 1.5), es mucho más robusto y ampliamente utilizado, y el sistema lector mecánico ha sido sustituido por dispositivos eléctricos o electrónicos, bien mediante una bobina de inducido que genera una corriente eléctrica proporcional a la velocidad de giro (velocidad del viento), bien provocando un pulso cada vez que se interrumpe el paso de luz desde un diodo emisor (LED) a un receptor (FOTODARLINGTON), e integrándolo en un periodo de tiempo dado mediante un circuito adecuado para obtener velocidades instantáneas. Los mejores resultados suelen obtenerse empleando un conjunto de tres cazoletas semiesféricas de diámetro d , situadas con 120° de separación angular, y describiendo una circunferencia de diámetro $2d$.

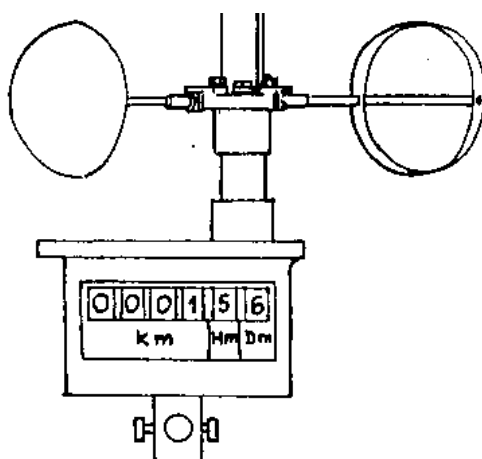


Figura 1.5.- Anemómetro de cazoletas.

Los anemómetros de presión por sonda de Pitot-Prandtl (Figura 1.6), se apoyan en determinar la presión dinámica ($1/2 \rho v^2$) como diferencia entre la presión de estancamiento y la presión estática. El problema que presentan estos instrumentos es que, para que la presión de estancamiento sea correctamente medida, el frente o “nariz” de la veleta ha de estar perfectamente dirigida hacia el viento, para lo que existen diversas e ingeniosas soluciones. En cualquier caso hay que tener en cuenta la temperatura y altitud del lugar, para efectuar las correcciones inherentes al hecho de que la densidad del aire es distinta de unas a otras regiones.

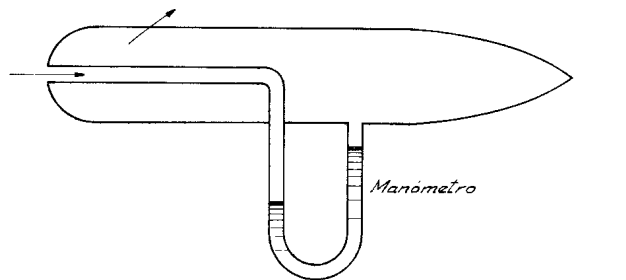


Figura 1.6.- Sonda de Pitot.

Los anemómetros de presión sobre placa se basan en el empuje ejercido por el viento sobre una placa colocada perpendicularmente al mismo (Figura 1.7). En los de placa pendular, esta tiene la posibilidad de girar sobre un eje horizontal situado por encima del centro de gravedad de la misma. Ligado a ella existe una armadura de hierro que se puede mover dentro del campo creado por un imán, induciéndose una corriente que resulta, finalmente proporcional a la velocidad de empuje del viento.

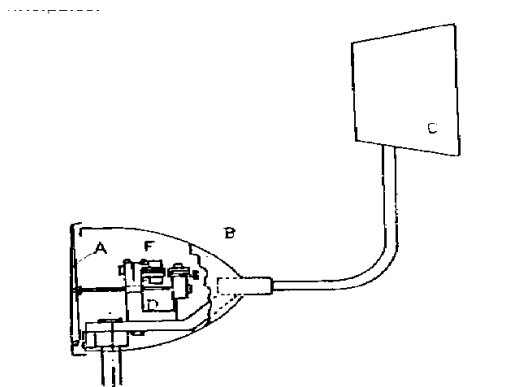


Figura 1.7.- Anemómetro de presión sobre placa

Los anemómetros termodinámicos se basan en que el poder convectivo del aire es función de su velocidad. Así, si la energía perdida por convectividad en una resistencia eléctrica se iguala a la energía calorífica proporcionada por la misma mediante el efecto Joule, se mantendrá constante la diferencia térmica entre la resistencia y el aire circundante que se desplaza a una velocidad dada, por lo que esta puede ser medida. En la práctica lo que se hace es calentar un termómetro de líquido en vidrio con gran depósito a una temperatura conocida, someterla a la acción del viento, y medir el tiempo que tarda en descender la temperatura hasta un valor prefijado. Una expresión empírica que relaciona tales temperaturas y tiempos permite medir la velocidad del aire.

Los anemómetros sónicos se fundamentan en el hecho de que una onda sonora se desplaza en un medio fluido en reposo con una velocidad ligeramente distinta de la que tendría en ese mismo medio si este se mueve a una velocidad dada. Los montajes experimentales son, por lo general, complejos y se utilizan para fines muy específicos.

Existen dispositivos capaces de registrar en continuo los datos anemométricos, *anemógrafos*, adaptados a diferentes exigencias de tipo climático. En la figura 1.8 se ilustra el anemógrafo de Dines, de uso muy extendido en estaciones meteorológicas.

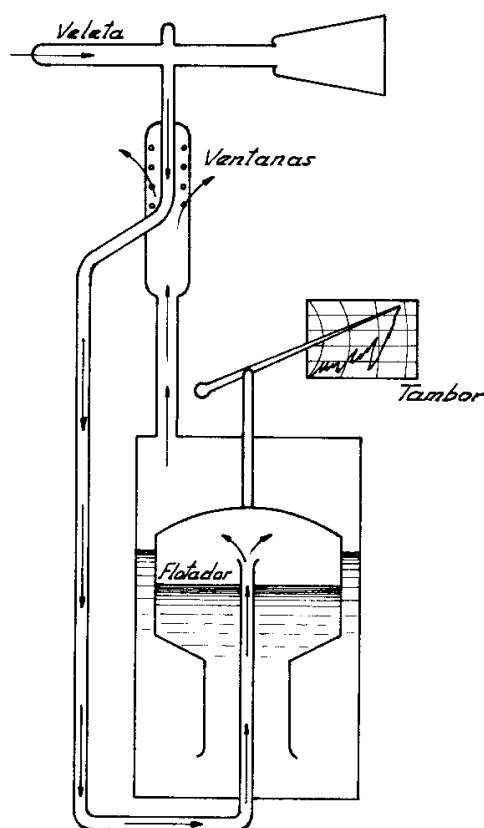


Figura 1.8.- Anemógrafo de Dines.

1.1.4.- Pluviómetro y pluviógrafo.

El pluviómetro es el aparato más sencillo y habitual para medir precipitaciones acuosas. Consiste en un recipiente de sección recta cilíndrica y conocida, situado de tal forma que la superficie de la boca libre se encuentre rigurosamente horizontal. La cantidad de agua captada se recoge en un recipiente graduado que permite medir la precipitación caída.

El perfil de la boca libre del pluviómetro posee los bordes afilados, para que recoja el agua que efectivamente alcanza esa sección, y existen diferentes diseños para ello (Figura 1.9). Se ha de procurar que el agua recogida moje la menor cantidad de superficie posible

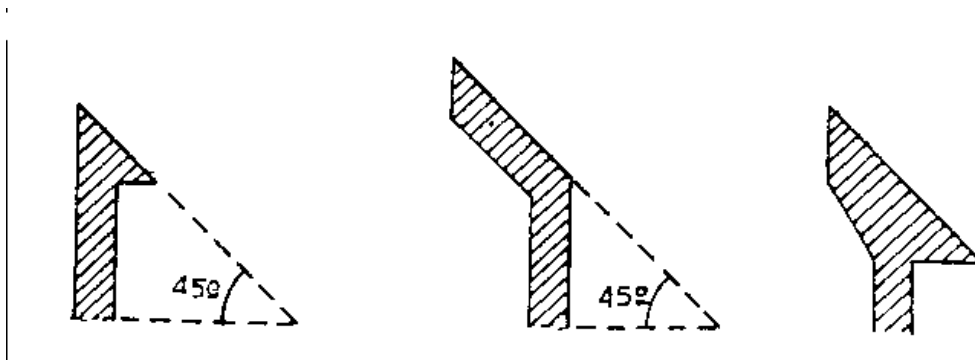


Figura 1.9.- Diversos perfiles de boca de pluviómetro.

antes de llegar al colector, así como minimizar la evaporación y efecto del viento. También hay que procurar mantenerlo alejado de árboles o edificios de modo que la distancia del pluviómetro a los posibles obstáculos sea superior al cuádruple de la altura de estos. El área de la boca libre suele estar entre 200 y 500 cm², dependiendo del tipo de pluviómetro.

Las precipitaciones se registran en litros por metro cuadrado de superficie horizontal, o en kilogramos de agua caída en tal superficie. Observemos que un kg/m² equivale a un volumen de agua de un litro, o a una altura de un milímetro sobre un metro cuadrado de superficie horizontal, motivo por el que es habitual expresar las precipitaciones directamente en milímetros.

Los pluviógrafos tienen por objeto registrar el tiempo en que ha caído una cierta cantidad de agua, más que la medida de esta. Existen distintos tipos de pluviógrafos (con flotador y sifón automático, con flotador sin sifón automático, gravimétricos, basculantes, etc).

El pluviógrafo basculante consta de un balancín formado por dos receptáculos calibrados, en equilibrio respecto de su eje (Figura 1.10). El agua del colector llega a uno de

los receptáculos y produce el vuelco del balancín a un lado, presentando el otro receptáculo para recoger el agua, que al llenarse produce una nueva oscilación, y así alternativamente.

El número de oscilaciones puede contarse, por ejemplo mediante un interruptor de mercurio que activa un cronómetro, y enviarse la información a distancia.

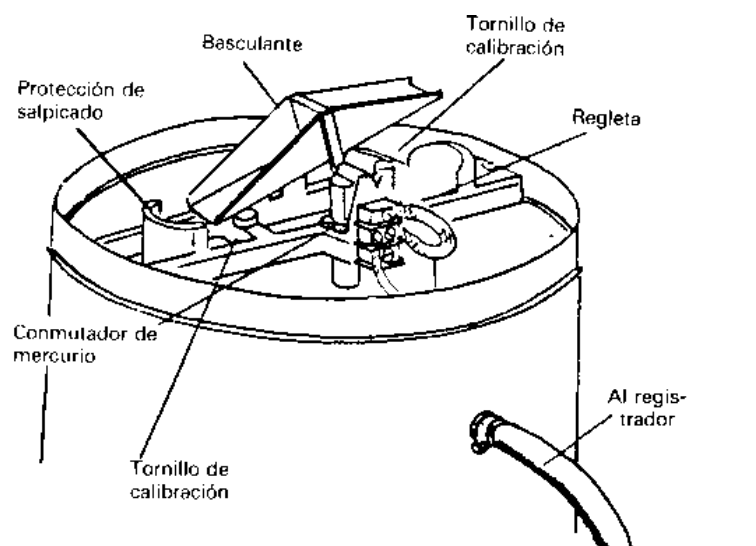


Figura 1.10.- Pluviógrafo basculante.

1.1.5.- Psicrómetro e higrógrafo.

Es bien conocido que el aire atmosférico es una mezcla de gases, entre los que se encuentra una cierta cantidad de vapor de agua, que denominamos humedad del aire. La determinación de esta humedad se efectúa mediante distintas variables psicrométricas, como puede ser la *humedad absoluta* (masa de vapor de agua contenida en un metro cúbico de aire, expresada en g/m^3), la *tensión de vapor* (presión parcial ejercida por el vapor de agua existente), la *humedad relativa* (relación entre la tensión de vapor de agua en el aire y la que existiría si ese aire estuviera saturado, a la misma temperatura), el *punto de rocío* (temperatura a la que el contenido actual de vapor de agua en el aire sería saturante), etc.

Existen varios métodos para medir la humedad atmosférica, entre los que destacaremos el sicrométrico, higroscópico (higrómetro de cabello), y de condensación (higrómetro de punto de rocío).

El sicrómetro consiste en un conjunto formado por dos termómetros idénticos, uno de los cuales mantiene su depósito en condiciones de saturación mediante una malla de algodón que lo comunica con un recipiente de agua destilada (termómetro húmedo), y el otro está en contacto directo con el aire ambiente (termómetro seco), como se indica en la figura 1.11. Si el mencionado ambiente no se encuentra saturado, en el depósito del termómetro húmedo se evapora una cierta cantidad de agua dependiendo de la temperatura y del grado de humedad ambiental. Como se trata de un proceso endotérmico, esta evaporación “robará” calor al depósito del termómetro húmedo, lo que hará que este indique una temperatura inferior a la del seco que, para cada temperatura será función de la humedad ambiental. Es posible realizar una tabla de doble entrada (temperatura de termómetro seco- diferencia entre seco y húmedo)

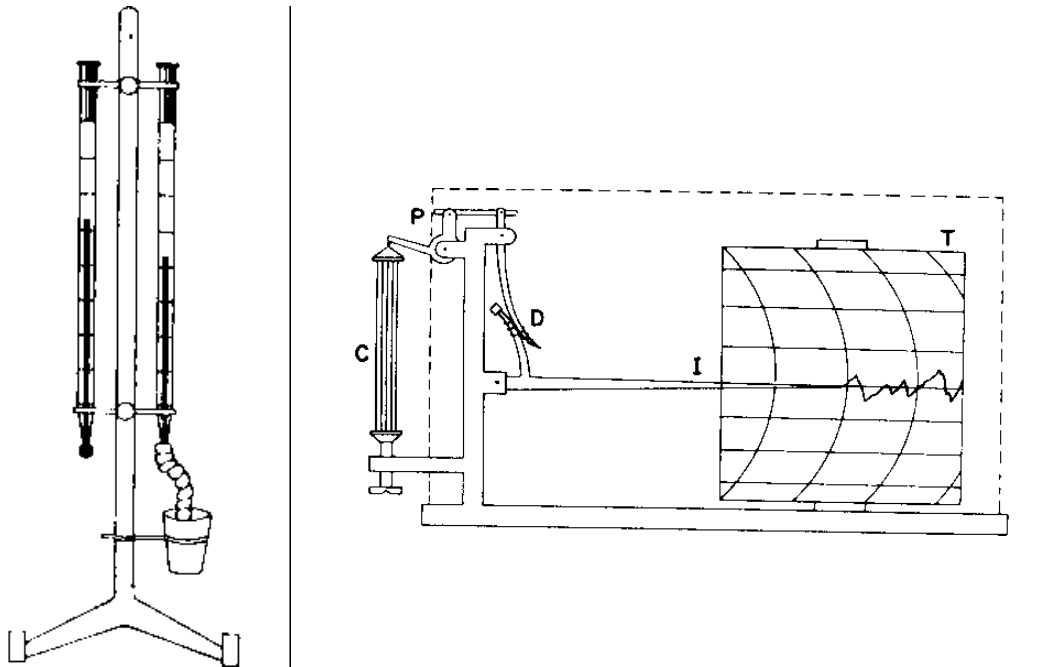


Figura 1.11.- Psicrómetro e higrógrafo.

que proporciona directamente la humedad relativa del ambiente. Es obvio que si este se encuentra saturado, no habrá evaporación en el termómetro húmedo, que indicará la misma lectura que el seco (humedad relativa 100%).

El higrómetro de cabello fue inventado en el siglo XVIII, y aún sigue siendo el más representativo de los sicrómetros basados en propiedades higroscópicas: Se basa en el aumento de longitud relativa experimentado por el cabello cuando varía la humedad relativa

del aire. Normalmente existe un aumento del 2.5% en la longitud de un cabello entre las condiciones de aire seco y aire saturado. Esta variación de longitud puede llevarse, mediante una aguja de palanca, a una escala convenientemente graduada, que permitirá realizar lecturas directas de la humedad.

Los higrógrafos permiten registrar en continuo la humedad del aire, y existen varias soluciones bien conocidas (Figura 1.11). Una de ellas, de tipo mecánico, es el termohigrógrafo Richard (Figura 1.12), que registra simultáneamente la temperatura y humedad en un papel adosado a un tambor giratorio. El higrómetro es de tipo cabello que, en el extremo de la aguja de balanza, lleva colocada una punta entintada.

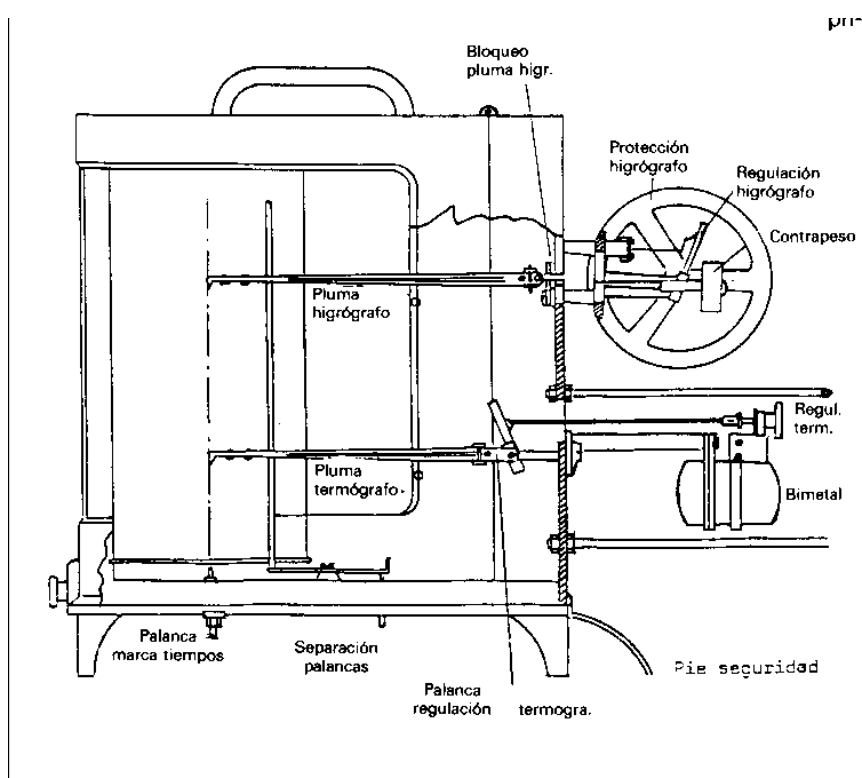


Figura 1.12.- Termohigrógrafo de Richard.

1.1.6.- Termómetro de máxima y mínima.

El termómetro de máxima tiene por objeto registrar la máxima temperatura registrada en un punto en un intervalo de tiempo dado. Se trata de un termómetro de mercurio ordinario en el que se ha practicado, a la salida del depósito una estrangulación en el capilar. De esta manera, cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio supera con facilidad tal estrangulación y la columna de mercurio alcanza el nivel correspondiente a la temperatura

ambiente. Sin embargo, una eventual bajada de la misma, y la correspondiente contracción del mercurio, impide que el nivel descienda porque el peso de la columna no es bastante para compensar el rozamiento que supone la estrangulación. No obstante unas ligeras sacudidas en el termómetro, con el depósito hacia abajo, provocarán la unión de la columna de mercurio, y el termómetro quedará nuevamente dispuesto para registrar la siguiente máxima (termómetro en estación). Los termómetros usados en las clínicas son termómetros de máxima.

Para registrar temperaturas mínimas, y dado que el mercurio solidifica a -39°C , valores que no son excepcionales en ciertas regiones, se utiliza como líquido termométrico el alcohol o el pentano, con punto de solidificación inferior al valor citado. En el capilar se introduce un pequeño índice de hierro esmaltado cuyo extremo próximo al depósito de alcohol es convexo. En contacto el índice con el alcohol, si la temperatura baja, la columna se retrae, y por tensión capilar en el menisco cóncavo del alcohol, el índice es arrastrado hasta señalar el mínimo valor alcanzado. Cuando sube la temperatura, por el contrario, el alcohol fluye entre las paredes del capilar y el índice sin arrastrar a este, con lo que el extremo del mismo más próximo al depósito de alcohol indicará siempre la menor temperatura alcanzada en el intervalo de tiempo considerado. Para poner en estación este termómetro se utiliza un imán que, desde el exterior del tubo termométrico permite colocar de nuevo el índice sobre el nivel del alcohol en el capilar (Figura 1.13).

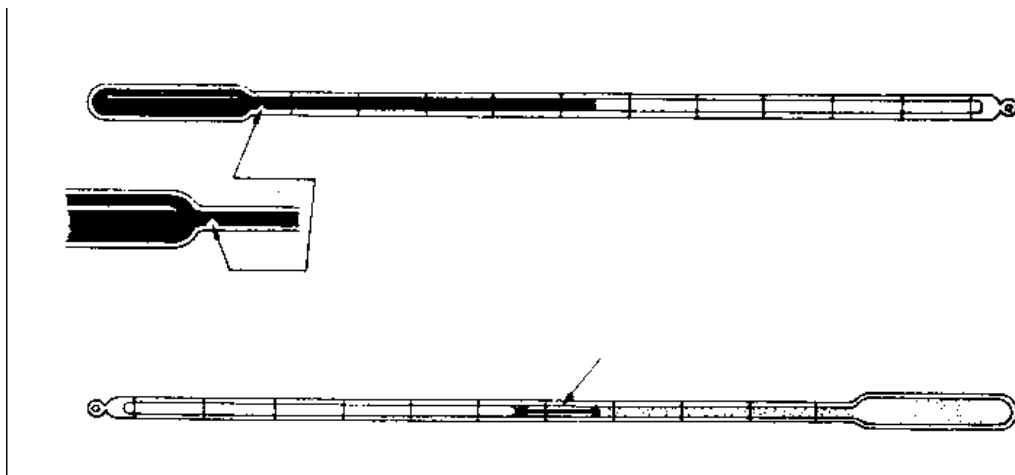


Figura 1.13.- Termómetros de máxima y de mínima.

Habitualmente, ambas temperaturas se suelen determinar con un instrumento mixto, denominado termómetro de máxima y mínima, que funciona de manera similar al descrito para el termómetro de mínima (Figura 1.14). Se trata de un tubo doblemente acodado en U y

cerrado por ambos extremos. En la U inferior se deposita mercurio, y alcohol a ambos lados de ella, una rama totalmente llena (en ella se leeran las mínimas) y la otra solo parcialmente (donde se leerán las máximas). En el alcohol de ambas ramas, se introducen índices de hierro esmaltado. Estos índices serán empujados por el mercurio como consecuencia de las dilataciones y contracciones que experimenta al variar la temperatura. Cuando sube la temperatura, se dilata tanto la columna de alcohol de la rama izquierda como el mercurio, y el índice de la rama derecha es empujado hasta el máximo valor registrado para la temperatura. Cuando esta disminuya el índice no se mueve porque el mercurio no lo adhiere y el alcohol fluye por sus márgenes, en cambio el índice de la izquierda es empujado esta vez por el mercurio hasta que se alcanza el mínimo para la temperatura. Es obvio que las escalas en ambas ramas poseen diferente sentido de crecimiento. Las lecturas máxima y mínima se harán, evidentemente, en los extremos de los índices próximos a los meniscos de mercurio. El equipo se coloca en estación apoyando nuevamente los índice sobre el mercurio en ambas ramas con la ayuda de un imán.

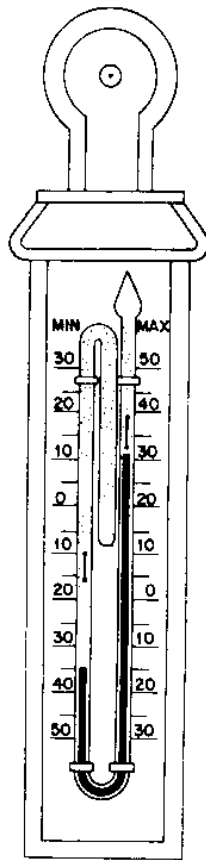


Figura 1.14.- Termómetro de máxima y mínima.

1.1.7.- Barómetro y barógrafo.

Los barómetros son instrumentos destinados a medir la presión atmosférica local. Existen dos tipos fundamentales de barómetros, los de mercurio (Figura 1.15) y los de cápsula de resorte o aneroides (Figura 1.16). Los primeros se basan en el experimento básico de Torricelli, esto es la compensación de la presión con una columna de mercurio, y son múltiples las variantes en diseño de los mismos. Los segundos consisten en una cápsula en cuyo interior se ha practicado el vacío y existe un resorte de muelle plano, de manera que la presión atmosférica es equilibrada por fuerzas de carácter elástico (cápsula de Vidi).

Figura 1.15.- Barómetro de mercurio.

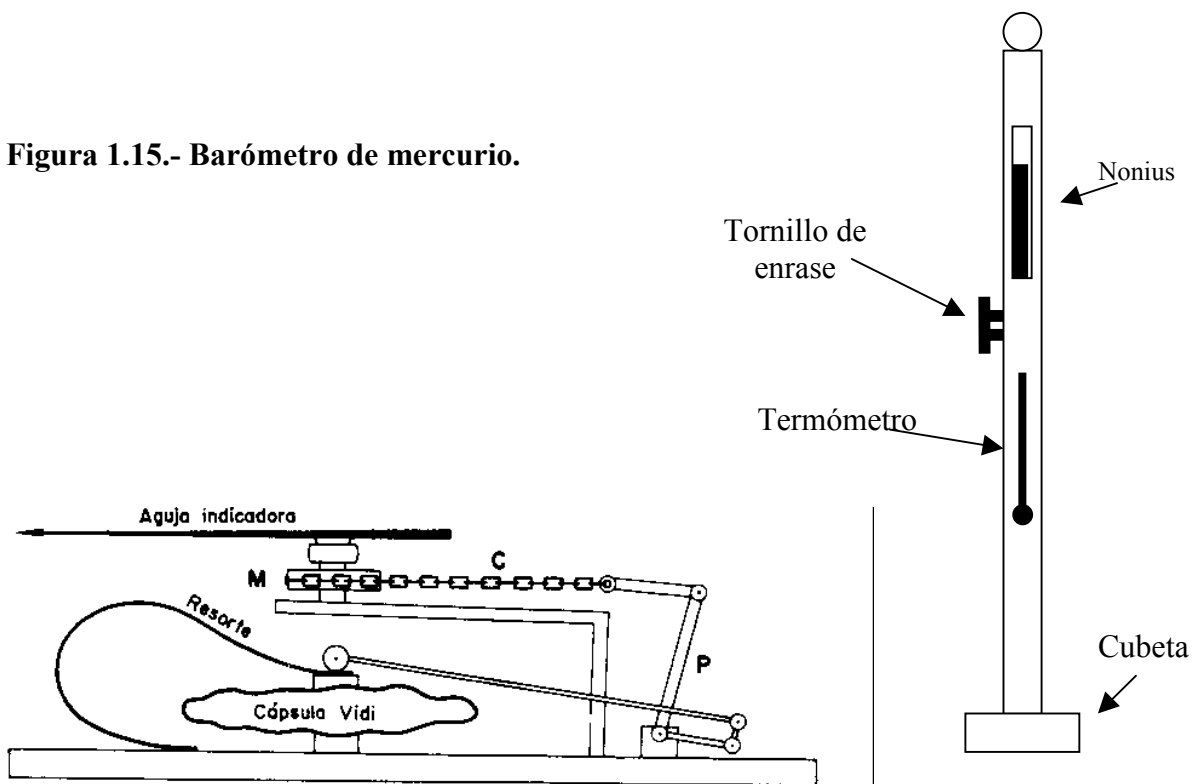


Figura 1.16.- Barómetro aneroides.

El barómetro de mercurio Fortin (Figura 1.17) es el más conocido, y consta de una escala y cubeta fijas, esta última con fondo de gamuza, C, sobre cuya base puede actuarse mediante un tornillo, D, que permite variar en la misma el nivel del mercurio. En el techo de la cubeta existe un índice de marfil, I, en forma de cono con el vértice hacia abajo que sirve para enrasar el “cero” de mercurio, haciendo coincidir exactamente la punta del índice con la

superficie especular del mercurio limpio en la cubeta. Desde este cero se gradúa la escala, que se prolonga verticalmente hacia arriba en una columna donde se ha practicado el vacío. La columna va protegida por una envoltura metálica que deja ver el mercurio entre las alturas habituales para la variación de la presión atmosférica, y donde se acopla un nonius que permita efectuar con mayor precisión la medida. El acoplamiento de la columna a la cubeta de mercurio se realiza mediante madera porosa, lo que garantiza que penetre el aire sobre el mercurio de la cubeta y reine en él la presión atmosférica local que ha de compensar la columna de mercurio. Este barómetro es muy exacto, aunque tiene el inconveniente de que es necesario efectuar dos enrasas (en el índice de la cubeta y en el menisco del mercurio en la columna), y que si el barómetro se encuentra colocado en un lugar donde existan vibraciones, el cero de la escala no siempre es fácil de situar.

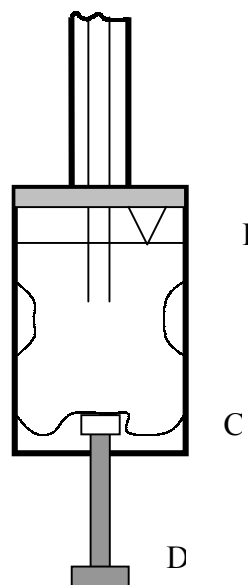


Figura 1.17.- Barómetro Fortín .

Los barómetros aneroides basados en cápsulas de Vidi recogen las leves deformaciones que tales cápsulas experimentan antes variaciones de la presión, y mediante mecanismos de palanca que amplifican estas deformaciones, se registran en el extremo de una aguja indicadora que discurre por una escala. Para aumentar la sensibilidad de estos barómetros suelen emplearse baterías de cápsulas de Vidi superpuestas.

Este es, precisamente, el mecanismo sensor de la presión en los denominados barógrafos, en los que se acopla una punta entintada al extremo de una larga aguja a la que se ha transmitido la deformación. Un tambor giratorio sobre el que se coloca un papel permitira obtener el registro en continuo de la presión atmosférica (Figura 1.18).

También los barómetros han de encontrarse al resguardo de la luz solar directa, pero bien iluminados para efectuar la lectura. No habrá corrientes de aire y deben evitarse incluso las corrientes de convección por calefactores situados en sus proximidades. Se colocarán sobre una pared firme para aislarlo lo mejor posible de las vibraciones, y se procurará que el nivel medio de lectura coincida con la altura del observador habitual, para disminuir los errores de paralelaje. Especial atención requiere el aislamiento de los barógrafos de las vibraciones.

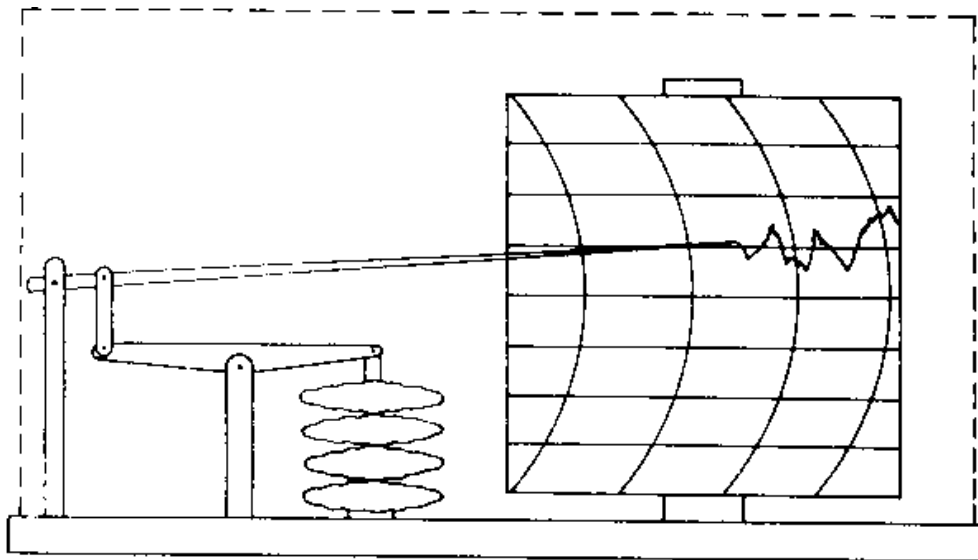


Figura 1.18.- Barógrafo.

1.2.- Parcela meteorológica estandar.

Aunque resulta irrelevante, desde el punto de vista de instalaciones a bordo de buques, y con objeto de ilustrar la importancia que posee la normalización de medida de variables meteorológicas, que luego han de ser tratadas de forma conjunta, conviene citar las recomendaciones dadas por el Instituto Nacional de Meteorología para la instalación de instrumentos en una parcela que pudiéramos elegir libremente (Figura 1.19).

Sus dimensiones óptimas debieran ser de 6 x 9 metros, con el lado mayor orientado en la dirección norte-sur, alejada de edificios u obstáculos importantes y con ligera vegetación, poco alta y de características análogas a la existente en la zona. Hay quien preconiza que se cubra de césped, pero dado que el mantenimiento del mismo supone un riego importante, esto

solo es recomendable en zonas húmedas. También es recomendable que el sitio elegido no altere sus condiciones ambientales en, al menos, los diez años siguientes, y que la parcela se encuentre vallada.

Aunque no debe haber árboles en la parcela, deben sembrarse arbustos en un círculo de 2 metros rodeando el pluviómetro y el pluviógrafo, que han de distar entre si al menos metro y medio. Esto tiene por objeto impedir las anomalías en el registro que podrían ocasionar las ráfagas de viento arrastrando lluvia.

A partir del lado norte se ubicarán la garita meteorológica (a 1.2 metros de la cerca y con la puerta orientada al norte), termómetros de subsuelo (a 1.5 metros de la cerca o de cualquier otro instrumento), el conjunto de pluviómetro y pluviógrafo (en la mitad sur de la parcela), termómetro de mínima (apoyado en el césped) y el medidor de radiación solar, a 1.5 metros de la cerca.

A la derecha de la garita se ubicará la anemoveleta en un poste de 6 a 10 metros de altura.

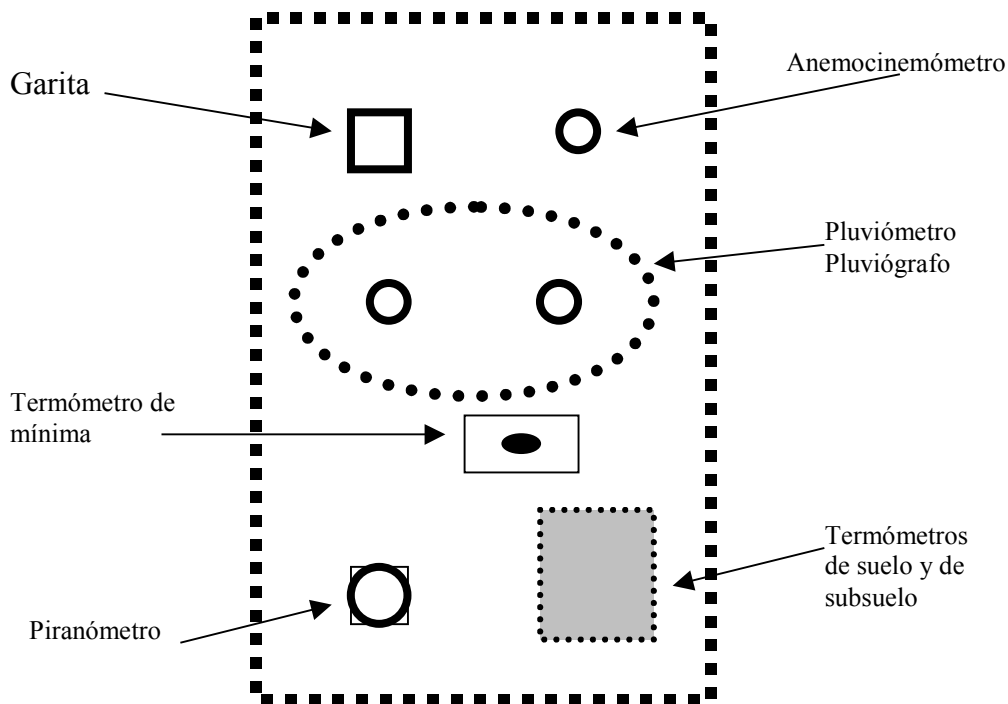


Figura 1.19.- Parcela estandar

1.3.- Medida de variables meteorológicas.

En una sección anterior han sido descritos distintos instrumentos para medir las variables meteorológicas de mayor interés. En algunos de ellos la medida es sencilla, se limita a la simple lectura de un índice sobre una escala, que no plantea mayor problema, sin embargo otras magnitudes precisan de ciertas consideraciones que se exponen a continuación.

Medida de temperaturas

Dado que la medida de temperaturas se basa en el equilibrio térmico entre el ambiente y el depósito de líquido, cuando ambos mantienen contacto permanente no existe mayor problema para efectuar la lectura que una atenta observación de la escala, cuidando prestar atención, en primer lugar, a las divisiones decimales indicadas por el líquido sobre la escala, y posteriormente a las unidades.

Es importante familiarizarse con el tipo de escala y las divisiones decimales que posee cada instrumento particular, porque aunque lo deseable sería que la precisión del mismo fuera de hasta una décima de grado, con frecuencia se emplean simultáneamente termómetros que tienen divisiones distintas para su escala.

Conviene prestar especial atención a muchas de las estaciones comerciales estandar instaladas a bordo, en que se integran en un mismo panel los lectores de viento y dirección, presión, temperatura exterior y temperatura interior. En ellos, la lectura de temperaturas se realiza mediante una aguja que discurre sobre una misma escala circular, y un conmutador alterna la posición de reposo (OFF) con las del sensor externo (OUT) y la cámara de derrota (IN). En este tipo de instrumentos la temperatura suele tener menor precisión que en los termómetros de líquido ordinarios, lo que fácilmente podría inducir a error en las lecturas.

Si la lectura de la temperatura se efectúa mediante un termómetro que se traslada desde otro lugar, conviene recordar que existe una inercia térmica en el mismo (cuyo comportamiento puede suponerse de primer orden), de manera que la temperatura a medir t_a se alcanzará gradualmente, variando la temperatura indicada por el mismo, t , en función del tiempo τ . La transferencia de calor entre el termómetro y el entorno, a través de la superficie S frontera entre ambos se expresa mediante

$$C dt = k S (t_a - t) d\tau$$

siendo k el coeficiente de transmisión total y C la capacidad calorífica del líquido termométrico.

El término $\chi=C/kS$ (que posee dimensiones de tiempo) se denomina coeficiente de inercia del termómetro. En meteorología conviene que este coeficiente sea pequeño, lo que se consigue con grandes superficies de contacto y coeficientes de transmisión calorífica, al tiempo que se minimiza la capacidad calorífica del sistema. Con ello:

$$\frac{dt}{d\tau} = -\frac{1}{\chi}(t-t_a)$$

que integrada entre el instante inicial (temperatura t_0) y el instante en que se alcanza la temperatura ambiente,

$$\ln \frac{t-t_a}{t_0-t_a} = -\frac{1}{\chi} \tau$$

ecuación que permite determinar el *tiempo de retardo* necesario para efectuar la lectura con el grado de aproximación requerido y representar la variación de la temperatura de equilibrio en función del tiempo (recta de inercia) en la forma indicada en la figura 1.20, como corresponde a un instrumento de primer orden.

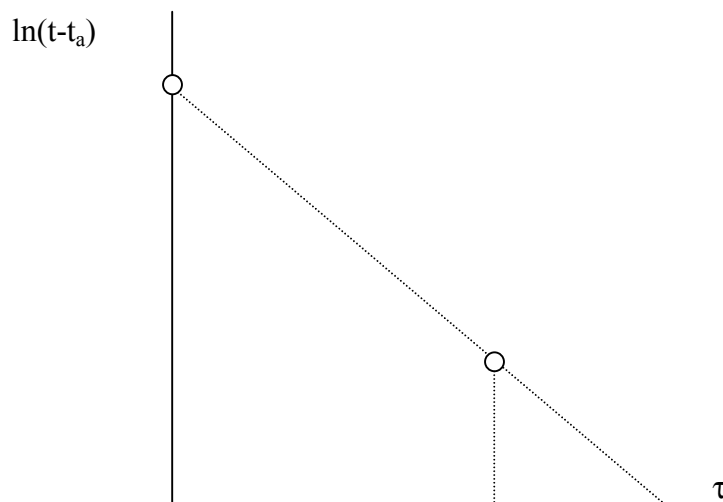


Figura 1.20.- Recta de inercia del termómetro de líquido.

Medida de presiones.

En la primera sección de este mismo capítulo se indicó la necesidad de normalizar las medidas efectuadas por los distintos observadores, indicando igualmente la conveniencia de contar con el mayor número posible de estaciones meteorológicas distribuidas por el planeta.

En lo que concierne a la presión local, es evidente que siendo esta magnitud un reflejo del “peso” de la columna atmosférica que se encuentra por encima del barómetro, (o su equivalencia en peso de la columna de mercurio que compensa, ρgh), su valor estará influido tanto por la situación de la estación (altitud, h) o posición geográfica (latitud, g) así como por la densidad del mercurio, ρ (que a su vez es función de la temperatura del aire que circunda al mismo). De esta manera, las medidas efectuadas por distintos observadores no serían comparables entre sí, como se esquematiza en la figura 1.21.

Consecuentemente, todas las presiones han de ser normalizadas entre sí, conviniendo en reducirlas a la presión existente al nivel medio del mar, a una latitud de 45° y a una temperatura ambiente de cero grados centígrados. De esta manera, las lecturas efectuadas en el barómetro, en cada observatorio, han de ser modificadas bajo tales criterios, para lo que se utilizan las tablas que se dan a continuación.

| Latitud geográfica | | 730 mm Hg | 760 mm Hg | 790 mm Hg |
|--------------------|----|-----------|-----------|-----------|
| 0 | 90 | 1.9 | 2.0 | 2.0 |
| 3 | 87 | 1.9 | 2.0 | 2.0 |
| 6 | 84 | 1.8 | 1.9 | 2.0 |
| 9 | 81 | 1.8 | 1.9 | 2.0 |
| 12 | 78 | 1.7 | 1.8 | 1.9 |
| 15 | 75 | 1.6 | 1.7 | 1.8 |
| 18 | 72 | 1.5 | 1.6 | 1.7 |
| 21 | 69 | 1.4 | 1.5 | 1.5 |
| 24 | 66 | 1.3 | 1.3 | 1.4 |
| 27 | 63 | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| 30 | 60 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 33 | 57 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 36 | 54 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 39 | 51 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 42 | 48 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 45 | 45 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Tabla 1.1.- Reducción de la presión a la gravedad normal (45°)

Restar esta corrección para latitudes inferiores a 45° y **sumarla** para latitudes superiores

| Temperatura del termómetro unido al barómetro (°C) | Lectura barométrica en mm de Hg | | | | | |
|---|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 700 | 720 | 740 | 760 | 780 | 800 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 |
| 7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 8 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.1 |
| 9 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 |
| 10 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 |
| 11 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 12 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6 |
| 13 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.7 |
| 14 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 |
| 15 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.9 |
| 16 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.1 |
| 17 | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.2 |
| 18 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.3 |
| 19 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.5 |
| 20 | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.6 |
| 21 | 2.4 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.7 |
| 22 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.8 |
| 23 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 3.0 |
| 24 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 3.1 |
| 25 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.2 |
| 26 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 |
| 27 | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 3.5 |
| 28 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | 3.6 |
| 29 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | 3.7 |
| 30 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | 3.8 | 3.9 |
| 31 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | 3.8 | 3.9 | 4.0 |
| 32 | 3.6 | 3.7 | 3.9 | 4.0 | 4.1 | 4.2 |
| 33 | 3.8 | 3.9 | 4.0 | 4.1 | 4.2 | 4.3 |
| 34 | 3.9 | 4.0 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.4 |
| 35 | 4.0 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.5 |
| 36 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.6 | 4.7 |
| 37 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.6 | 4.7 | 4.8 |
| 38 | 4.3 | 4.4 | 4.6 | 4.7 | 4.8 | 4.9 |
| 39 | 4.4 | 4.6 | 4.7 | 4.8 | 4.9 | 5.0 |

Tabla 1.2.- Reducción de la lectura barométrica a la temperatura normal (0°C)

Restar esta corrección para temperaturas superiores a 0°C y **sumarla** para temperaturas inferiores a 0°C.

| Altura de la cubeta del barómetro sobre el nivel del mar (metros) | Temperatura del aire exterior (No la del termómetro unido al barómetro) | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | -10° | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° |
| 1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |
| 4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.3 |
| 5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 |
| 10 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 |
| 11 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.9 |
| 12 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| 13 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 14 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.1 |
| 15 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 |
| 16 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 |
| 17 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 |
| 18 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.5 |
| 19 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.6 |
| 20 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.6 |

Tabla 1.3.- Reducción de la lectura barométrica al nivel del mar.

Sumar siempre esta corrección a la lectura efectuada.

Por otra parte, y dado que ningún instrumento de medida está exento del denominado error instrumental, inherente no solo a imperfecciones del equipo sino al propio método de medida, es necesario tenerlo en cuenta para la oportuna corrección.

En el caso de los barómetros de mercurio, y dado que este líquido no moja el vidrio del tubo manométrico, el extremo del mercurio forma un menisco convexo que falsea la lectura. Su corrección, siempre aditiva lógicamente, dependerá del diámetro del tubo y de la flecha del menisco, y suele proporcionarla la propia casa constructora. Un valor típico de tal corrección instrumental es de +0.3 mm de Hg.

La presión normalizada, que es la que hay que indicar desde un observatorio meteorológico, será la presión leída, corregida por latitud, temperatura, altitud y constante instrumental.

Humedad relativa del aire.

Es bien conocido que existen diversas formas para expresar la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, que han sido citadas en la sección 1.1.5, siendo la más habitual la denominada humedad relativa, que expresa el porcentaje de humedad existente, respecto del que le correspondería a ese mismo aire en condiciones de saturación, por lo que la mayor parte de los sicrómetros de bulbo húmedo llevan incorporada una relación de valores en tales términos, en función de la diferencia de temperaturas indicadas por los termómetros seco y húmedo, como la que se indica en la tabla 1.4.

A veces resulta más útil conocer la humedad en términos de la tensión de vapor de agua (presión parcial ejercida por el vapor de agua), como se indica en la tabla 1.5, o bien mediante el denominado punto de rocío (temperatura a la que ese aire estaría saturado), como se indica en la tabla 1.6.

| T(húmedo) °C | Diferencia de temperaturas entre termómetros seco y húmedo | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| | 0° | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° | 11° |
| 30 | 100 | 93 | 86 | 79 | | | | | | | | |
| 29 | 100 | 92 | 85 | 79 | 73 | | | | | | | |
| 28 | 100 | 92 | 85 | 79 | 72 | 67 | | | | | | |
| 27 | 100 | 92 | 85 | 78 | 72 | 66 | 61 | | | | | |
| 26 | 100 | 92 | 85 | 78 | 71 | 65 | 60 | 55 | | | | |
| 25 | 100 | 92 | 84 | 77 | 71 | 65 | 59 | 54 | 50 | | | |
| 24 | 100 | 92 | 84 | 77 | 70 | 64 | 59 | 53 | 49 | 44 | | |
| 23 | 100 | 91 | 83 | 76 | 69 | 63 | 58 | 53 | 48 | 43 | 39 | |
| 22 | 100 | 91 | 83 | 76 | 69 | 63 | 57 | 52 | 47 | 42 | 38 | 34 |
| 21 | 100 | 91 | 83 | 75 | 68 | 62 | 56 | 51 | 46 | 41 | 37 | 33 |
| 20 | 100 | 91 | 82 | 74 | 67 | 61 | 55 | 49 | 44 | 40 | 36 | 32 |
| 19 | 100 | 91 | 82 | 74 | 66 | 60 | 54 | 48 | 43 | 39 | 34 | 30 |
| 18 | 100 | 90 | 81 | 73 | 66 | 59 | 53 | 47 | 42 | 37 | 33 | 29 |
| 17 | 100 | 90 | 81 | 72 | 65 | 58 | 52 | 46 | 40 | 36 | 31 | 27 |
| 16 | 100 | 90 | 80 | 72 | 64 | 57 | 50 | 44 | 39 | 34 | 30 | 26 |
| 15 | 100 | 89 | 80 | 71 | 63 | 55 | 49 | 43 | 37 | 33 | 28 | 24 |
| 14 | 100 | 89 | 79 | 70 | 62 | 54 | 47 | 41 | 36 | 31 | 26 | 22 |
| 13 | 100 | 89 | 78 | 69 | 61 | 53 | 46 | 40 | 34 | 29 | 25 | 20 |
| 12 | 100 | 88 | 78 | 68 | 59 | 52 | 44 | 38 | 32 | 27 | 22 | 18 |
| 11 | 100 | 88 | 77 | 67 | 58 | 50 | 43 | 36 | 30 | 25 | 20 | 16 |
| 10 | 100 | 87 | 76 | 66 | 57 | 48 | 41 | 34 | 28 | 23 | 18 | 14 |
| 9 | 100 | 86 | 75 | 65 | 55 | 47 | 39 | 32 | 26 | 20 | 16 | 11 |
| 8 | 100 | 85 | 74 | 63 | 54 | 45 | 37 | 30 | 24 | 18 | 13 | 9 |
| 7 | 100 | 85 | 73 | 62 | 52 | 43 | 35 | 28 | 21 | 15 | 10 | 6 |
| 6 | 100 | 85 | 72 | 61 | 50 | 41 | 33 | 25 | 18 | 13 | 7 | 3 |
| 5 | 100 | 85 | 71 | 59 | 48 | 39 | 30 | 22 | 16 | 10 | 4 | |
| 4 | 100 | 84 | 70 | 57 | 46 | 36 | 28 | 19 | 13 | | | |
| 3 | 100 | 83 | 69 | 56 | 44 | 34 | 25 | 16 | 9 | | | |
| 2 | 100 | 83 | 67 | 54 | 42 | 31 | 22 | 13 | 6 | | | |
| 1 | 100 | 82 | 66 | 52 | 39 | 28 | 18 | 10 | 2 | | | |
| 0 | 100 | 81 | 64 | 50 | 38 | 25 | 17 | | | | | |
| -1 | 100 | 81 | 65 | 51 | 36 | 27 | 15 | | | | | |
| -2 | 100 | 80 | 63 | 48 | 35 | 23 | 13 | | | | | |
| -3 | 100 | 79 | 61 | 45 | 32 | 19 | | | | | | |
| -4 | 100 | 78 | 59 | 43 | 28 | 15 | | | | | | |
| -5 | 100 | 77 | 57 | 40 | 24 | | | | | | | |
| -6 | 100 | 76 | 55 | 36 | 20 | | | | | | | |
| -7 | 100 | 74 | 52 | 32 | 16 | | | | | | | |
| -8 | 100 | 73 | 49 | 28 | 11 | | | | | | | |
| -9 | 100 | 71 | 46 | 24 | 6 | | | | | | | |
| -10 | 100 | 69 | 42 | 20 | | | | | | | | |
| -11 | 100 | 67 | 39 | 15 | | | | | | | | |
| -12 | 100 | 65 | 35 | 10 | | | | | | | | |
| -13 | 100 | 63 | 31 | 4 | | | | | | | | |
| -14 | 100 | 61 | 27 | | | | | | | | | |
| -15 | 100 | 58 | 22 | | | | | | | | | |

Tabla 1.4.- Tabla psicrométrica en términos de humedad relativa del aire.

| T(húmedo) °C | Diferencia de temperaturas entre termómetros seco y húmedo | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0° | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° | 11° |
| 30 | 31.5 | 30.9 | 30.3 | 29.7 | | | | | | | | |
| 29 | 29.8 | 29.2 | 28.5 | 27.9 | 27.3 | | | | | | | |
| 28 | 28.1 | 27.5 | 26.9 | 26.2 | 25.6 | 25.0 | | | | | | |
| 27 | 26.5 | 25.9 | 25.3 | 24.6 | 24.0 | 23.4 | 22.8 | | | | | |
| 26 | 25.0 | 24.4 | 23.7 | 23.1 | 22.5 | 21.9 | 21.3 | 20.6 | | | | |
| 25 | 23.5 | 22.9 | 22.3 | 21.7 | 21.1 | 20.5 | 19.8 | 19.2 | 18.6 | | | |
| 24 | 22.2 | 21.6 | 21.0 | 20.3 | 19.7 | 19.1 | 18.5 | 17.9 | 17.2 | 16.6 | | |
| 23 | 20.9 | 20.3 | 19.7 | 19.0 | 18.4 | 17.8 | 17.2 | 16.6 | 16.0 | 15.3 | 14.7 | |
| 22 | 19.7 | 19.0 | 18.4 | 17.8 | 17.2 | 16.6 | 16.0 | 15.4 | 14.7 | 14.1 | 13.5 | 12.9 |
| 21 | 18.5 | 17.9 | 17.3 | 16.7 | 16.0 | 15.4 | 14.8 | 14.2 | 13.6 | 13.0 | 12.4 | 11.7 |
| 20 | 17.4 | 16.8 | 16.2 | 15.6 | 14.9 | 14.3 | 13.7 | 13.1 | 12.5 | 11.9 | 11.3 | 10.6 |
| 19 | 16.4 | 15.7 | 15.1 | 14.5 | 13.9 | 13.3 | 12.7 | 12.1 | 11.4 | 10.8 | 10.2 | 9.6 |
| 18 | 15.4 | 14.8 | 14.1 | 13.5 | 12.9 | 12.3 | 11.7 | 11.1 | 10.5 | 9.9 | 9.2 | 8.6 |
| 17 | 14.4 | 13.8 | 13.2 | 12.6 | 12.0 | 11.4 | 10.8 | 10.1 | 9.5 | 8.9 | 8.3 | 7.7 |
| 16 | 13.5 | 12.9 | 12.3 | 11.7 | 11.1 | 10.5 | 9.9 | 9.3 | 8.7 | 8.1 | 7.4 | 6.8 |
| 15 | 12.7 | 12.1 | 11.5 | 10.9 | 10.3 | 9.7 | 9.1 | 8.4 | 7.8 | 7.2 | 6.6 | 6.0 |
| 14 | 11.9 | 11.3 | 10.7 | 10.1 | 9.5 | 8.9 | 8.3 | 7.7 | 7.0 | 6.4 | 5.8 | 5.2 |
| 13 | 11.2 | 10.6 | 10.0 | 9.3 | 8.7 | 8.1 | 7.5 | 6.9 | 6.3 | 5.7 | 5.1 | 4.5 |
| 12 | 10.5 | 9.9 | 9.3 | 8.6 | 8.0 | 7.4 | 6.8 | 6.2 | 5.6 | 5.0 | 4.4 | 3.8 |
| 11 | 9.8 | 9.2 | 8.6 | 8.0 | 7.4 | 6.8 | 6.2 | 5.6 | 5.0 | 4.4 | 3.7 | 3.1 |
| 10 | 9.2 | 8.6 | 8.0 | 7.4 | 6.8 | 6.2 | 5.5 | 4.9 | 4.3 | 3.7 | 3.1 | 2.5 |
| 9 | 8.6 | 8.0 | 7.4 | 6.8 | 6.2 | 5.6 | 5.0 | 4.4 | 3.8 | 3.2 | 2.5 | 1.9 |
| 8 | 8.0 | 7.4 | 6.8 | 6.2 | 5.6 | 5.0 | 4.4 | 3.8 | 3.2 | 2.6 | 2.0 | 1.4 |
| 7 | 7.5 | 6.9 | 6.3 | 5.7 | 5.1 | 4.5 | 3.9 | 3.3 | 2.7 | 2.1 | 1.5 | 0.9 |
| 6 | 7.0 | 6.4 | 5.8 | 5.2 | 4.6 | 4.0 | 3.4 | 2.8 | 2.2 | 1.6 | 1.0 | 0.4 |
| 5 | 6.5 | 5.9 | 5.3 | 4.7 | 4.1 | 3.5 | 2.9 | 2.3 | 1.7 | 1.1 | 0.5 | |
| 4 | 6.1 | 5.5 | 4.9 | 4.3 | 3.7 | 3.1 | 2.5 | 1.9 | 1.3 | | | |
| 3 | 5.7 | 5.1 | 4.5 | 3.9 | 3.3 | 2.7 | 2.1 | 1.5 | 0.9 | | | |
| 2 | 5.3 | 4.7 | 4.1 | 3.5 | 2.9 | 2.3 | 1.7 | 1.1 | 0.5 | | | |
| 1 | 4.9 | 4.4 | 3.8 | 3.2 | 2.6 | 2.0 | 1.4 | 0.8 | 0.2 | | | |
| 0 | 4.6 | 4.0 | 3.4 | 2.8 | 2.4 | 1.6 | 1.1 | 0.4 | | | | |
| -1 | 4.3 | 3.7 | 3.2 | 2.7 | 2.2 | 1.6 | 1.0 | | | | | |
| -2 | 4.0 | 3.4 | 2.9 | 2.4 | 1.9 | 1.3 | 0.8 | | | | | |
| -3 | 3.7 | 3.1 | 2.6 | 2.1 | 1.6 | 1.0 | | | | | | |
| -4 | 3.4 | 2.9 | 2.3 | 1.8 | 1.3 | 0.8 | | | | | | |
| -5 | 3.1 | 2.6 | 2.1 | 1.6 | 1.0 | | | | | | | |
| -6 | 2.9 | 2.4 | 1.9 | 1.3 | 0.8 | | | | | | | |
| -7 | 2.7 | 2.2 | 1.6 | 1.1 | 0.6 | | | | | | | |
| -8 | 2.5 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 0.4 | | | | | | | |
| -9 | 2.3 | 1.7 | 1.2 | 0.7 | 0.2 | | | | | | | |
| -10 | 2.1 | 1.6 | 1.0 | 0.5 | | | | | | | | |
| -11 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 0.4 | | | | | | | | |
| -12 | 1.8 | 1.3 | 0.7 | 0.2 | | | | | | | | |
| -13 | 1.6 | 1.1 | 0.6 | 0.1 | | | | | | | | |
| -14 | 1.5 | 1.0 | 0.5 | | | | | | | | | |
| -15 | 1.4 | 0.9 | 0.4 | | | | | | | | | |

Tabla 1.5.- Tabla psicrométrica en términos de tensión de vapor de agua (mm de Hg).

| T(húmedo) °C | Diferencia de temperaturas entre termómetros seco y húmedo | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0° | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° | 11° |
| 30 | 30 | 29.6 | 29.3 | 28.9 | | | | | | | | |
| 29 | 29 | 28.6 | 28.3 | 27.9 | 27.5 | | | | | | | |
| 28 | 28 | 27.6 | 27.2 | 26.8 | 26.4 | 26.0 | | | | | | |
| 27 | 27 | 26.6 | 26.2 | 25.8 | 25.3 | 24.9 | 24.4 | | | | | |
| 26 | 26 | 25.6 | 25.1 | 24.7 | 24.2 | 23.8 | 23.3 | 22.8 | | | | |
| 25 | 25 | 24.6 | 24.1 | 23.6 | 23.1 | 22.7 | 22.1 | 21.6 | 21.1 | | | |
| 24 | 24 | 23.5 | 23.0 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 21.0 | 20.4 | 19.9 | 19.3 | | |
| 23 | 23 | 22.5 | 22.0 | 21.5 | 20.9 | 20.4 | 19.8 | 19.2 | 18.6 | 18.0 | 17.3 | |
| 22 | 22 | 21.5 | 20.9 | 20.4 | 19.8 | 19.2 | 18.6 | 18.0 | 17.3 | 16.7 | 16.9 | 15.2 |
| 21 | 21 | 20.4 | 19.9 | 19.3 | 18.7 | 18.1 | 17.5 | 16.7 | 16.0 | 15.3 | 14.6 | 13.8 |
| 20 | 20 | 19.4 | 18.8 | 18.2 | 17.6 | 16.9 | 16.2 | 15.5 | 14.7 | 13.9 | 13.1 | 12.3 |
| 19 | 19 | 18.4 | 17.8 | 17.1 | 16.5 | 15.7 | 14.9 | 14.2 | 13.4 | 12.5 | 11.6 | 10.7 |
| 18 | 18 | 17.4 | 16.7 | 16.0 | 15.2 | 14.5 | 13.7 | 12.9 | 12.0 | 11.1 | 10.1 | 9.1 |
| 17 | 17 | 16.3 | 15.6 | 14.9 | 14.1 | 13.3 | 12.5 | 11.5 | 10.6 | 9.6 | 8.5 | 7.4 |
| 16 | 16 | 15.3 | 14.5 | 13.7 | 12.9 | 12.1 | 11.1 | 10.2 | 9.2 | 8.1 | 6.9 | 5.6 |
| 15 | 15 | 14.2 | 13.4 | 12.6 | 11.7 | 10.8 | 9.8 | 8.8 | 7.7 | 6.5 | 5.2 | 3.8 |
| 14 | 14 | 13.2 | 12.3 | 11.4 | 10.5 | 9.5 | 8.4 | 7.3 | 6.1 | 4.8 | 3.4 | 1.8 |
| 13 | 13 | 12.1 | 11.2 | 10.3 | 9.3 | 8.2 | 7.1 | 5.8 | 4.5 | 3.0 | 1.4 | -0.3 |
| 12 | 12 | 11.1 | 10.1 | 9.1 | 8.0 | 6.9 | 5.6 | 4.3 | 2.8 | 1.2 | -0.6 | -2.5 |
| 11 | 11 | 10.1 | 9.0 | 7.9 | 6.8 | 5.5 | 4.1 | 2.7 | 1.0 | -0.7 | -2.7 | -5.0 |
| 10 | 10 | 9.0 | 7.9 | 6.7 | 5.5 | 4.1 | 2.6 | 1.0 | -0.8 | -2.8 | -5.0 | -7.7 |
| 9 | 9 | 7.9 | 6.8 | 5.5 | 4.1 | 2.7 | 1.1 | -0.7 | -2.7 | -4.9 | -7.6 | -10.9 |
| 8 | 8 | 6.9 | 5.6 | 4.2 | 2.8 | 1.2 | -0.6 | -2.5 | -4.7 | -7.3 | -10.5 | -14.9 |
| 7 | 7 | 5.8 | 4.5 | 3.0 | 1.5 | -0.3 | -2.2 | -4.4 | -6.9 | -10.0 | -14.2 | -20.4 |
| 6 | 6 | 4.7 | 3.3 | 1.7 | 0.0 | -1.9 | -4.0 | -6.4 | -9.3 | -13.2 | -18.9 | -29.2 |
| 5 | 5 | 3.6 | 2.1 | 0.4 | -1.4 | -3.4 | -5.8 | -8.6 | -12.2 | -17.4 | -26.0 | |
| 4 | 4 | 2.5 | 0.9 | -0.9 | -2.5 | -5.1 | -7.7 | -11.0 | -15.7 | | | |
| 3 | 3 | 1.5 | -0.3 | -2.2 | -4.3 | -6.9 | -9.8 | -13.9 | -20.0 | | | |
| 2 | 2 | 0.3 | -1.5 | -3.5 | -5.9 | -8.7 | -12.3 | -17.5 | -26.2 | | | |
| 1 | 1 | -0.7 | -2.7 | -4.9 | -7.5 | -10.7 | -15.1 | -21.8 | | | | |
| 0 | 0 | -1.8 | -3.9 | -6.3 | -9.2 | -13.0 | -17.5 | -28.0 | | | | |
| -1 | -1 | -2.8 | -4.6 | -6.9 | -9.5 | -12.9 | -18.5 | | | | | |
| -2 | -2 | -3.8 | -5.9 | -8.4 | -11.4 | -15.5 | -21.5 | | | | | |
| -3 | -3 | -5.0 | -7.3 | -9.9 | -13.5 | -18.4 | | | | | | |
| -4 | -4 | -6.1 | -8.6 | -11.6 | -15.8 | -21.7 | | | | | | |
| -5 | -5 | -7.3 | -9.9 | -13.5 | -18.5 | | | | | | | |
| -6 | -6 | -8.4 | -11.4 | -15.5 | -21.4 | | | | | | | |
| -7 | -7 | -9.6 | -13.0 | -17.7 | -25.0 | | | | | | | |
| -8 | -8 | -10.9 | -14.7 | -20.2 | -29.8 | | | | | | | |
| -9 | -9 | -12.2 | -16.5 | -23.1 | | | | | | | | |
| -10 | -10 | -13.6 | -18.5 | -26.4 | | | | | | | | |
| -11 | -11 | -14.9 | -20.4 | -30.3 | | | | | | | | |
| -12 | -12 | -16.2 | -22.6 | -35.0 | | | | | | | | |
| -13 | -13 | -17.7 | -24.8 | | | | | | | | | |
| -14 | -14 | -19.0 | -27.5 | | | | | | | | | |
| -15 | -15 | -20.6 | -30.3 | | | | | | | | | |

Tabla 1.6.- Tabla psicrométrica en términos de punto de rocío.

1.4.- Observaciones a bordo: el diario meteorológico.

Al margen de la importancia que posee para cada buque disponer de instrumentos adecuados para medir las principales variables meteorológicas, la vasta extensión que las aguas ocupan en el planeta unida al escaso número de estaciones meteorológicas flotantes, hace que las observaciones efectuadas a bordo cobren una extraordinaria importancia, incluso teniendo en consideración los programas internacionales de observación meteorológica por satélite. Es por ello que, tradicionalmente, ha existido una firme colaboración entre los buques mercantes y la Organización Meteorológica Mundial, de forma que en el Convenio Internacional de Londres para la seguridad de la vida humana en la mar, cuya aplicación fue reglamentada en España por Decreto en 1955, se planteó por primera vez la organización de servicios auxiliares de observación meteorológica. Así, se dispuso que los buques mercantes nacionales que sirvieran una línea fija quedaban obligados a la colaboración a observaciones meteorológicas. Los buques denominados *seleccionados*, están provistos de una completa instrumentación y obligados a transmitir partes estandar a las horas sinópticas internacionales. Otros buques, denominados *suplementarios*, con equipos menos completos habían de emitir informes en regiones de tráfico marítimo relativamente escaso, o en condiciones de mal tiempo detalladas en el citado Convenio.

No existe un modelo reglamentario de Diario Meteorológico, sin embargo conviene que el marino efectúe la anotación de sus observaciones de una forma clara y precisa, utilizando siempre que ello sea posible la clave y codificación I.A.C., e indicando la fecha, hora GMT, posición, rumbo verdadero y velocidad del buque. Las variables mínimas para la preparación de partes y su eventual transmisión son las siguientes:

Nubosidad en oktas.

Dirección e intensidad del viento verdadero.

Visibilidad.

Tiempo presente y tiempo pasado.

Temperatura del aire y del agua de mar.

Presión atmosférica y tendencia de la misma.

Temperatura de punto de rocío o humedad relativa del aire.

Precipitaciones registradas desde la última observación.

Altura de las nubes bajas, si procede, y tipo de nubes bajas.

Tipo de nubes medias y/o altas, si se observan.

Periodo y altura de la mar de viento.

Dirección de la mar de leva, si la hay, periodo y altura de olas.

En este sentido, conviene recordar que la emisión codificada de datos no admite números negativos, por lo que cuando se precisa informar, por ejemplo, de la humedad del aire en términos de temperatura del punto de rocío con dos dígitos, a las temperaturas negativas, en valor absoluto, se suman 50 unidades. Además, en la mayor parte de los sicrómetros comerciales la tabla psicrométrica suele explicitarse en función de la temperatura del termómetro seco, por lo que conviene disponer también de la tabla 1.7, para la humedad relativa.

Los Diarios meteorológicos de a bordo, que eran recogidos en las distintas Capitanías de puerto y remitidos a los servicios correspondientes, tuvieron en el pasado una gran importancia para trazar rutas ordinarias, recogidas en las actuales “Pilot Charts”, y desde el punto de vista climatológico sirvieron con eficiencia para elaborar mapas de comportamiento medio y eventuales alteraciones en zonas del planeta con ínfima vigilancia meteorológica.

| Temperatura del termómetro seco (°C) | Diferencia entre las temperaturas indicadas por los termómetros seco y húmedo | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 |
| 40 | 40 | 39 | 39 | 38 | 37 | 37 | 36 | 35 | 35 | 34 | 34 | 33 | 32 | 32 | 31 | 31 | 30 |
| 39 | 39 | 38 | 38 | 37 | 36 | 36 | 35 | 34 | 34 | 33 | 33 | 32 | 32 | 31 | 30 | 29 | 29 |
| 38 | 38 | 37 | 37 | 36 | 35 | 35 | 34 | 33 | 33 | 32 | 32 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 28 |
| 37 | 37 | 36 | 36 | 35 | 34 | 34 | 33 | 33 | 32 | 31 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 |
| 36 | 36 | 35 | 35 | 34 | 33 | 33 | 32 | 32 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 |
| 35 | 35 | 34 | 34 | 33 | 33 | 32 | 31 | 31 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 25 | 24 |
| 34 | 34 | 33 | 33 | 32 | 31 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 |
| 33 | 33 | 32 | 32 | 31 | 30 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 |
| 32 | 32 | 31 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 |
| 31 | 31 | 30 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 |
| 30 | 30 | 29 | 28 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 21 | 21 | 20 | 19 | 18 |
| 29 | 29 | 28 | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 |
| 28 | 28 | 27 | 27 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 |
| 27 | 27 | 26 | 26 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 |
| 26 | 26 | 25 | 24 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 |
| 25 | 25 | 24 | 23 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 |
| 24 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 |
| 23 | 23 | 22 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 |
| 22 | 22 | 21 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 |
| 21 | 21 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 06 |
| 20 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 07 | 06 | 05 |
| 19 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 03 |
| 18 | 18 | 17 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 04 | 03 | 02 |
| 17 | 17 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 03 | 01 | 00 |
| 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 04 | 03 | 01 | 00 | 52 |
| 15 | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 05 | 04 | 03 | 02 | 00 | 52 | 54 |
| 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 00 | 52 | 54 | 56 |
| 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 51 | 52 | 53 | 56 | 58 |
| 12 | 12 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 51 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 |
| 11 | 11 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 00 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 63 |
| 10 | 10 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 00 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 63 | 67 |
| 9 | 09 | 08 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 00 | 52 | 53 | 55 | 57 | 59 | 62 | 66 | |
| 8 | 08 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 00 | 52 | 53 | 55 | 57 | 60 | 62 | 65 | | |
| 7 | 07 | 06 | 05 | 04 | 03 | 01 | 00 | 52 | 53 | 54 | 57 | 59 | 62 | 64 | | | |
| 6 | 06 | 05 | 04 | 03 | 02 | 00 | 51 | 53 | 54 | 57 | 58 | 61 | 64 | | | | |
| 5 | 05 | 04 | 03 | 02 | 01 | 51 | 53 | 54 | 57 | 58 | 61 | 64 | | | | | |
| 4 | 04 | 03 | 02 | 00 | 51 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 63 | 66 | | | | | |
| 3 | 03 | 02 | 01 | 51 | 52 | 53 | 56 | 58 | 60 | 62 | 66 | | | | | | |
| 2 | 02 | 01 | 00 | 52 | 53 | 55 | 57 | 59 | 62 | 64 | | | | | | | |
| 1 | 01 | 00 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 | 61 | 64 | 68 | | | | | | | |
| 0 | 00 | 52 | 53 | 54 | 56 | 58 | 60 | 63 | 66 | | | | | | | | |
| -1 | 51 | 53 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 65 | 68 | | | | | | | | |
| -2 | 52 | 54 | 55 | 57 | 59 | 61 | 64 | 68 | | | | | | | | | |
| -3 | 53 | 55 | 56 | 58 | 61 | 63 | 67 | | | | | | | | | | |
| -4 | 55 | 56 | 58 | 60 | 62 | 65 | | | | | | | | | | | |
| -5 | 56 | 57 | 59 | 61 | 64 | | | | | | | | | | | | |
| -6 | 57 | 58 | 61 | 63 | 66 | | | | | | | | | | | | |
| -7 | 58 | 60 | 62 | 65 | 68 | | | | | | | | | | | | |
| -8 | 59 | 61 | 63 | 66 | | | | | | | | | | | | | |
| -9 | 60 | 62 | 65 | | | | | | | | | | | | | | |
| -10 | 61 | 64 | 67 | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 1.7.- Tabla psicrométrica codificada en temperaturas de punto de rocío.

Prácticas y problemas

P1.1.- *¿En qué porcentaje se reducirá la diferencia de temperatura indicada por un termómetro y la del ambiente, respecto de la diferencia de temperatura inicial y la del ambiente, si mantenemos ese termómetro en contacto con el ambiente un tiempo igual a 0.46 veces su coeficiente de inercia?*

Partimos de la expresión

$$\ln \frac{t-t_a}{t_0-t_a} = -\frac{1}{\chi} \tau$$

y, puesto que $\tau = 0.46 \chi$, es obvio que

$$\frac{t-t_a}{t_0-t_a} = e^{-0.46} = 0.63$$

luego el porcentaje pedido es del 63%.

Este ejercicio sirve para definir el tiempo de retardo de un termómetro, como el tiempo necesario para que la diferencia de las temperaturas inicial y ambiente se reduzca al 63% del valor inicial.

P1.2.- *Un termómetro cuyo coeficiente de inercia es de 4 s se encuentra en la cámara de derrota de un barco ($t=26^\circ\text{C}$). El oficial lo saca al exterior para tomar la temperatura ambiente (5°C). ¿Cuál es el tiempo mínimo que ha de mantenerlo fuera para determinar la temperatura con un error máximo del 1%?*

La misma expresión anterior, habida cuenta que $(t-t_a)/t_a=1\%=0.01$, permite escribir

$$\ln \frac{0.05}{26-5} = -6.04 = -\frac{\tau}{4}$$

de donde se deriva que $\tau = 24.2$ s.

P1.3.- *Estudiar la evolución para 5,10 y 30 s, de la lectura de un termómetro cuyo coeficiente de inercia es de 3 s, si se sacó de un recinto a 20°C a un ambiente de 36°C .*

Apoyándonos en la misma expresión que relaciona temperaturas, coeficiente de inercia y tiempo, podemos escribir

$$t(\tau) = t_a + (t_0 - t_a) e^{-\frac{\tau}{\lambda}}$$

con lo que

$$t(\tau) = 36 - 16 e^{-\frac{\tau}{3}}$$

que para $\tau=5, 10$ y 30 s proporciona temperaturas de 32.98°C , 35.43°C y 35.999°C , respectivamente.

P1.4.- Dar la presión normalizada con los datos siguientes: Presión leída=1025.6 mb, corrección instrumental +0.3 mb, temperatura de la cámara barométrica=23°C, temperatura del aire en el exterior del observatorio(situado a 24°N de latitud)= 10°C, altura del observatorio=20 m sobre el nivel medio del mar.

Puesto que las tablas para las sucesivas correcciones vienen dadas en mm de Hg,, transformaremos la lectura a tal unidad: 1025.6 mb = 769,3 mm de Hg, y $c_i=+0.23$ mm de Hg.

Corrección por temperatura: ($t=23^\circ\text{C}$). Interpolamos en la Tabla 1.2 los valores que corresponden a 23°C para una lectura de 769,3 mm, entre los tabulados para 760 y 780 mm, así, la corrección (negativa) será de -2.85 mm de Hg.

Corrección por latitud: De conformidad con la Tabla 1.1 (interpolando entre los valores tabulados a 24 grados de latitud, para las columna de 760 y 790 mm de Hg), corresponde una corrección negativa de -1.31 mm de Hg.

Corrección por altitud: Puesto que restan 20 metros de aire a 10°C , la tabla 1.3 permite obtener la corrección de $+1.8$ mm de Hg..

Así, la corrección total será: $C_T = +0.23 - 2.85 - 1.31 + 1.8 = -2.13$ mm de Hg, con lo que la presión normalizada es de $p = 769.3 - 2.13 = 767.17$ mm de Hg, que se debe informar en milibares, es decir, 1022.8 mb.

P1.5.- ¿A qué altura sobre el nivel del mar se encuentra la cámara de derrota de un buque, sabiendo que, con los datos que se dan, el oficial anota en el diario una presión codificada 0148? Datos: presión leída: 762.4 mm de Hg, $c_i=+0.3$ mm de Hg, temperatura exterior 5°C , temperatura de la cámara 26°C , latitud de navegación 51°N .

La anotación corresponde a 1014.8 mb, de acuerdo con el código vigente, esto es, la presión normalizada es de 761.15 mm de Hg. Es decir:

$$P_{norm} = p_{leida} + C_t = p_{leida} + c_i + c_{Lat} + c_t + c_{alt}$$

Navegando a 51°, c_{Lat} (para 762.4 mm de Hg) = +0.4 mm de Hg

Siendo de 26°C la temperatura de cámara, para 762,4 mm de Hg, la Tabla 1.2 proporciona $c_t = -3.2$ mm de Hg.

Con todo ello:

$$761.15 = 762.4 + 0.3 + 0.4 - 3.2 + c_{alt}$$

esto es:

$$c_{alt} = +1.25 \text{ mm de Hg}$$

que, en la Tabla 1.3, para una temperatura exterior de 5°C, permite encontrar una altura entre el barómetro y el nivel medio del mar (aproximadamente la de la cámara de derrota) de 13.5 metros

P1.6.- Codificar en el diario de a bordo la humedad del aire, sabiendo que se han efectuado las siguientes lecturas en el psicrómetro: $t_{seco} = 16^\circ\text{C}$, $t_{húmedo} = 13.5^\circ\text{C}$.

Interpolando en la Tabla 1.4: $\Delta t = 2.5^\circ\text{C}$ $2^\circ\text{C} \rightarrow 78.5\%$

$3^\circ\text{C} \rightarrow 69.5\%$ $h_r = 74\% \rightarrow$ código **740**

Interpolando en la Tabla 1.5: $\Delta t = 2.5^\circ\text{C}$ $2^\circ\text{C} \rightarrow 10.35$

$3^\circ\text{C} \rightarrow 9.7$ $e = 10 \text{ mm Hg}$

Interpolando en la Tabla 1.6: $\Delta t = 2.5^\circ\text{C}$

$\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $13^\circ\text{C} \rightarrow 11.2^\circ\text{C}$ $14^\circ\text{C} \rightarrow 12.3^\circ\text{C}$ $13.5^\circ\text{C} \rightarrow 11.75^\circ\text{C}$

$\Delta t = 3^\circ\text{C}$ $13^\circ\text{C} \rightarrow 10.3^\circ\text{C}$ $14^\circ\text{C} \rightarrow 11.4^\circ\text{C}$ $13.5^\circ\text{C} \rightarrow 10.85^\circ\text{C}$

$\Delta t = 2.5^\circ\text{C}$ $13.5^\circ\text{C} \rightarrow 11.3^\circ\text{C} \rightarrow$ código \rightarrow **113**

Usando la Tabla 1.7: $\Delta t = 2.5^\circ\text{C} \rightarrow t_{seco} = 16^\circ\text{C} \rightarrow t_{rocío} = 12^\circ\text{C} \rightarrow$ código \rightarrow **120**

Observemos la diferencia entre los resultados que proporcionan estas dos últimas tablas, y que ponen de manifiesto el carácter aproximado de las mismas.

Por otra parte, no existe posibilidad de confundir la codificación en términos de humedad relativa con la codificación en términos de temperatura de punto de rocío.