

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

PAPEL, CARTON Y PULPAS. ATMOSFERA NORMAL DE ACONDICIONAMIENTO Y ENSAYO Y PROCEDIMIENTO PARA CONTROLAR LA ATMOSFERA Y EL ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS

Paper, board and pulps. Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning of samples

Descriptores: Pasta de papel; Preparación de muestra de ensayo; atmósfera normalizada.

1. Edición

1999

ICS: 85.060

REPRODUCCION PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Teléf.: 30-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: ncnorma@ceniai.inf.cu

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencias de consenso.

Esta norma:

- Ha sido elaborada por el NC/CTN 32 Papel, cartón y pulpas, integrado por las entidades siguientes :

Ministerio de la Industria Básica
Ministerio de la Industria Alimenticia
Ministerio de la Industria Ligera.
Ministerio del Comercio Exterior
Ministerio de la Industria Pesquera
Ministerio de Salud Pública
Centro Nacional de Envases y Embalajes
Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC).
Oficina Nacional de Normalización
Unión de Investigación Producción de la Celulosa del Bagazo Cuba 9
Centro de Investigación y Desarrollo (Ministerio del Interior)
Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas

- Es idéntica a la ISO 187:1990 del mismo nombre.
- Sustituye a la NC 42-02:1982 "Papel y cartón. Acondicionamiento para ensayos"
- Es la versión oficial, en español realizada por la UNE de la ISO 187:1990, en la UNE EN 20187 de Junio de 1994, pero presenta adecuaciones según la terminología y aplicaciones propias de Cuba.
- Consta del Anexo A, normativo, y de los Anexos B y C, informativos.

© NC, 1999

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de:

**Oficina Nacional de Normalización (NC).
Calle E No. 261 Ciudad de La Habana, Habana 3. Cuba.**

Impreso en Cuba

Introducción

Las propiedades físicas del papel varían notablemente en su contenido de humedad, que a su vez, depende de la humedad de la atmósfera circundante. Con el fin de que los ensayos de papel puedan realizarse en un estado físico definido, se llevan a un estado de equilibrio con una atmósfera de temperatura y humedad relativa normalizadas, y se realizan los ensayos en esas condiciones atmosféricas.

El contenido de humedad de un determinado papel en equilibrio con una atmósfera dada varía según que el equilibrio se haya alcanzado por sorción o por desorción de humedad. Esta histéresis influye sobre las propiedades físicas que dependen del contenido de humedad. Salvo que se especifique lo contrario se recomienda alcanzar el equilibrio por sorción.

Desde hace muchos años se han utilizado corrientemente tres atmósferas normalizadas, cuyas temperaturas y humedades relativas son las siguientes:

20 °C/65 % H.R.; 23 °C/ 50 % H.R. y 27 °C/ 65 % H.R.

En la fecha de publicación de esta revisión de la Norma ISO 187:1977, la atmósfera 23 °C/50 % H.R. se emplea casi exclusivamente en la mayoría de los países y debe considerarse a partir del 1° de enero de 1993, como la atmósfera normalizada ISO para los ensayos relativos a las pastas, papeles y cartones. Sin embargo, resulta difícil conseguir la atmósfera 23 °C/ 50 % H.R. en algunos países situados en zonas tropicales, por lo que se autoriza la atmósfera 27 °C/ 65 % H.R. en dichos países a partir del 1° de enero de 1993. A partir del 1° de enero de 1993 no se acepta la atmósfera 20 °C/ 65 % H.R.

PAPEL, CARTON Y PULPAS. ATMOSFERA NORMAL DE ACONDICIONAMIENTO Y ENSAYO Y PROCEDIMIENTO PARA CONTROLAR LA ATMOSFERA Y EL ACONDICIONAMIENTO DE MUESTRAS

1 Objeto

Esta norma especifica la atmósfera normalizada para acondicionamiento y ensayo de pulpas, papel y cartón, así como los procedimientos para medir la temperatura y la humedad relativa.

Para el acondicionamiento de las hojas de ensayo preparadas en el laboratorio de acuerdo con la Norma ISO 5269-1, la atmósfera normalizada es la definida en esta norma, pero el procedimiento es diferente¹⁾

2 Referencias normativas

Las Normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen disposiciones de esta Norma Cubana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen sus acuerdos en base a ella que analicen la conveniencia de usar ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente. La Oficina Nacional de Normalización posee la información de las Normas Internacionales y Cubanas en vigencia en todo momento.

- ISO 554:1976 - Atmósferas normalizadas para acondicionamiento y/o ensayos. Especificaciones.
- ISO 4677-1:1985 - Atmósferas para acondicionamiento y ensayos. Determinación de la humedad relativa. Parte 1: Método del sigrómetro de aspiración.
- ISO 5269-1:1979 - Pulpas. Preparación de hojas de laboratorio para ensayos físicos. Parte 1: Método del formador de hojas convencional.
- ISO 5269-2:1980 - Pulpas. Preparación de hojas de laboratorio para ensayos físicos. Parte 2: Método Rapid Koethen.

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

3.1 humedad relativa (H.R.): Relación expresada como porcentaje entre el contenido real de vapor de agua del aire y el contenido de vapor de agua del aire saturado con vapor de agua, a la misma temperatura y presión.

¹⁾ En la Norma ISO 5269-1:1979 se establece que las hojas de ensayos se acondicionen por desorción, mientras que en la Norma ISO 5269-2:1980 se establece que las hojas se sequen y luego se acondicionen por sorción de humedad.

3.2 acondicionamiento: Proceso por el que se establece un equilibrio de contenido de humedad reproducible entre la muestra y una atmósfera de temperatura y humedad relativa determinadas. Se considera que se alcanza el equilibrio cuando los resultados de dos pesadas consecutivas de la muestra, realizadas con un intervalo de tiempo no inferior a una hora, no difieren en más de un valor especificado.

NOTA 1 El intervalo de tiempo entre dos pesadas depende del gramaje de la muestra y el grado de concordancia que se espera entre pesadas sucesivas y debe tener en cuenta las características conocidas de renovación del aire de la sala de ensayo. Se admite que el establecimiento del equilibrio de contenido de humedad garantiza que el papel se encuentra en un estado físico estable, pero en circunstancias especiales puede ser necesario proseguir el acondicionamiento hasta alcanzar el equilibrio físico deseado. Tales circunstancias caen fuera del ámbito de esta norma.

4 Fundamento del método

Consiste en la exposición de las muestras a una atmósfera de acondicionamiento especificada, de forma que se alcance un estado de equilibrio de contenido de humedad reproducible entre la muestra y esta atmósfera.

5 Atmósfera normalizada

La atmósfera normalizada para los ensayos de pulpas, papel y cartón es la de (23 ± 1) °C de temperatura y (50 ± 2) % de humedad relativa. En países tropicales puede establecerse una atmósfera de (27 ± 1) °C y (65 ± 2) % de humedad relativa.

NOTA 2 Las condiciones de temperatura y humedad relativa son las especificadas en la Norma ISO 554. Las tolerancias indicadas son las reducidas que aparecen en dicha norma.

Se dice que una atmósfera de ensayo cumple las exigencias de esta Norma, si todos los resultados de ensayos obtenidos como se describe en el anexo normativo A (véase en particular A.4.2) están comprendidos entre los límites descritos. No se permiten desviaciones, aunque sean de corta duración, de estos valores límites de temperatura o humedad, si afectan el equilibrio de humedad de las muestras. Cada vez que se detecte una desviación de los valores límites de la atmósfera de acondicionamiento, y si existe el riesgo, aunque sea mínimo, de que haya variado el contenido de humedad de las muestras, como consecuencia de dichas desviaciones, todas las muestras deberán volver a acondicionarse (repitiendo el método operatorio descrito en el capítulo 6), antes de proceder a su ensayo.

NOTA 3 Si se sabe o sospecha que la humedad relativa ha sobrepasado el límite superior de forma que haya podido aumentar el contenido de humedad, todas las muestras deberán someterse al tratamiento preliminar de baja humedad descrito en el apartado 6.1, antes de volverlas a acondicionar, excepto las muestras preparadas de acuerdo con la Norma ISO 5269-1.

Si se sabe o sospecha que la humedad relativa ha bajado por debajo del límite inferior, de forma que haya podido disminuir el contenido de humedad, deberán descartarse las muestras preparadas de acuerdo con la Norma ISO 5269-1 y preparar nuevas muestras. Si esto no fuera posible y se ensayan las muestras, este hecho se hará constar en el informe correspondiente.

NOTA 4 Es conveniente que en el local funcione continuamente un higrómetro registrador, bien sea aislado o formando parte de un sistema de regulación. Sin embargo, no debe utilizarse dicho higrómetro para establecer la conformidad de la atmósfera a las exigencias de esta norma, a menos que satisfaga también las exigencias del anexo A de esta norma. El higrómetro deberá responder rápidamente a cambios de humedad relativa, por ejemplo, menos de un min, para un cambio de la humedad relativa del 10 %.

6 Método de acondicionamiento

6.1 Preacondicionamiento de la muestra.

En ensayos en que la histéresis de la humedad en equilibrio pueda entrañar errores importantes, la muestra deberá acondicionarse antes de ser acondicionada, durante 24 horas, en un ambiente de humedad relativa comprendida entre 10 % y 35 % y una temperatura no superior a 40 °C. Si se sabe que el acondicionamiento (véase 6.2) conducirá el establecimiento de un contenido de humedad en equilibrio con el que se obtendría por sorción (véase la introducción), puede omitirse este tratamiento preliminar.

NOTA 5 Puesto que el efecto de la histéresis puede no conocerse hasta después del ensayo, se recomienda que se realice siempre el acondicionamiento.

6.2 Acondicionamiento.

Las probetas obtenidas de las muestras se sitúan de forma que el aire de acondicionamiento pueda acceder a toda su superficie, para que su contenido de humedad alcance un estado de equilibrio con el vapor de agua de la atmósfera. Se considera que se alcanza este equilibrio cuando los resultados de dos pesadas consecutivas, efectuadas al menos con 1 h de intervalo, no difieran en más del 0,25% de la masa total (véase 3.2). El intervalo entre pesadas debe ser mayor para gramajes elevados y conviene tener en cuenta, para fijar el grado de concordancia buscado entre las pesadas consecutivas, las características conocidas de renovación de aire del local de ensayo.

NOTA 6 Con buena circulación de aire, normalmente es suficiente un tiempo de acondicionamiento para el papel de 4 horas. Para papeles de gran gramaje se requiere un tiempo mínimo de 5 a 8 horas. Cartones de gramaje superior y materiales tratados especialmente, pueden requerir un tiempo de acondicionamiento de 48 horas o más.

7 Informe

El informe de cualquier ensayo que deba efectuarse en la atmósfera normalizada definida en esta norma, deberá incluir los siguientes aspectos:

- a) referencia a esta norma;
- b) atmósfera nominal de acondicionamiento utilizada;
- c) período de acondicionamiento de las muestras;
- d) acondicionamiento previo, si fuera el caso, de las muestras.

ANEXO A (Normativo)

Medidas de la temperatura y la humedad relativa

A.1 Campo de aplicación

Este anexo se basa en la norma ISO 4677-1:1985 y describe los procedimientos a seguir para medir la temperatura y la humedad relativa que debe utilizarse para establecer la conformidad con esta norma. Su objetivo es especificar los puntos esenciales para la realización de medidas precisas, sin especificar ningún tipo especial de instrumento.

NOTA 7 Pueden utilizarse higrómetros de condensación e impedancia, siempre que se demuestre que son tan precisos, al menos, como el siccómetro de aspiración.

A.2 Aparatos

Siccómetro de aspiración de bulbo seco y húmedo, en el que los componentes esenciales son los siguientes:

A.2.1 Termómetros

Pueden ser termómetros de bola de vidrio rellena de líquido (tanto de varilla sólida como de escala protegida), termopares o termómetros de resistencia eléctrica, con un rango útil de 10 °C o más. Deben tener una precisión de $\pm 0,1$ °C y el par de termómetros utilizados en cualquier instrumento deberán coincidir con una precisión de 0,05 °C. Los termómetros de bola de vidrio rellena de líquido deberán estar graduados en divisiones de 0,1 °C, de forma que puedan efectuarse lecturas aproximadas de 0,05 °C. Los termopares y los termómetros de resistencia eléctrica se conectan normalmente a un medidor de panel digital que redondea las medidas a 0,1 °C, sin embargo, puede conectarse un registrador gráfico con graduaciones de 0,05 °C, que asegure el registro permanente de la temperatura del bulbo húmedo y de la del bulbo seco o, preferentemente, de la humedad relativa, calculada electrónicamente por el instrumento.

El diámetro de la parte sensora de los termómetros no será inferior a 1 mm ni mayor de 4 mm en el caso de ventilación transversal, y de 6 mm en el caso de ventilación axial. Los termopares y termómetros de resistencia eléctrica deben tener una velocidad de respuesta suficiente para poder captar gradientes de temperatura de 1 °C/min y gradientes de humedad relativa de 1,5 %/min.

A.2.2 Ventilación

El instrumento debe asegurar la circulación de aire sobre la superficie de las partes sensoras de los termómetros, que pueden montarse para recibir ventilación transversal o axial. Los termómetros se montarán de forma que los ejes de los sensores sean paralelos y separados por una distancia no inferior a tres veces el diámetro del sensor de bulbo húmedo.

En el caso de ventilación transversal, los dos sensores pueden estar situados en la misma corriente de aire, con el bulbo seco desplazado y situado más arriba que el bulbo húmedo. En el caso de ventilación axial el sentido de la corriente de aire será desde el extremo del sensor hacia el extre-

mo fijo y cada sensor estará protegido por una pantalla cilíndrica separada, de diámetro interior comprendido entre 1.75 y 3.0 veces el bulbo húmedo.

Los sensores deberán estar protegidos de cualquier fuente de calor, comprendida la representada por la proximidad del operador. La corriente de aire la proporcionará un ventilador colocado después de los sensores, de forma que cualquier calor generado por aquel no afecte a los sensores y el aire evacuado sea alejado de la fuente del aire incidente.

La velocidad del aire en la superficie de los sensores no debe ser inferior a 3 m/s. Sin embargo, la velocidad del aire no será lo suficientemente alta que impida que la mecha húmeda permanezca saturada permanentemente y que facilite que se formen goticas de agua en la corriente de aire.

A.2.3 Mecha húmeda

La mecha húmeda estará constituida por una funda de tela sin costura, de algodón o de rayón sin acetato. Deberá ajustarse bien al sensor, aunque no demasiado apretado, y recubrirlo completamente una longitud tal que la temperatura indicada no se modifique si se reduce la longitud recubierta. Esto puede verificarse por medida, utilizando los dos termómetros como bulbos húmedos y variando la longitud recubierta en uno de ellos.

A.2.3.1 Limpieza y cuidado de las mechas. La limpieza de las mechas es esencial para obtener resultados precisos, especialmente en el caso de termopares y termómetros de resistencia eléctrica y deben cambiarse frecuentemente cuando estén en servicio.

Cualquier mínimo contacto manual puede influir sobre el comportamiento de las mechas. Las mechas deben manipularse con pinzas o guantes de goma (o equivalentes) y es importante asegurarse de que ninguna parte de las pinzas o guantes que vayan a entrar en contacto con la mecha haya sido tocada previamente con la mano.

La mejor forma de limpiar una mecha nueva o una mecha especialmente sucia, es haciéndola hervir durante 30 minutos en agua destilada a la que se ha adicionado 20 g de hidróxido sódico por un litro. Se lava la mecha recién sometida a ebullición con agua destilada y luego se hierve tres veces, durante 15 minutos cada vez, con sucesivas porciones de 400 ml de agua destilada.

Si se sospecha la presencia de contaminantes orgánicos, se lava con acetona y luego con sucesivas porciones de agua destilada, hasta la desaparición completa de olor. Si la contaminación es pequeña, basta un lavado con agua destilada. Después de su limpieza, hay que someter la mecha al ensayo de absorción descrito en el apartado A.1.3.2. La experiencia enseñará al operador a elegir el método de limpieza más apropiado.

A.2.3.2 Ensayos de verificación de la limpieza de las mechas. Una mecha limpia absorbe instantáneamente una gota de agua colocada sobre ella. Cualquier retraso de absorción indica que la mecha necesita lavarse. La adecuación de las mechas largas puede verificarse de la forma siguiente: Se insertan unos 120 mm de mecha seca en una varilla de vidrio dejando que cuelguen unos 20 mm de un extremo. Se fija la varilla en posición vertical, con el extremo cubierto a 15 mm de un recipiente lleno de agua y el extremo libre sumergido en el agua. Al cabo de 6 min, el agua debe haberse elevado al menos 85 mm a lo largo de la mecha. Si se alcanza una altura inferior es señal de que la mecha no está suficientemente limpia.

Las mechas limpias se conservan en agua destilada o bien secas, entre papeles secante limpios, guardadas en un recipiente de vidrio limpio y estéril.

A.2.4 Humidificación

El extremo de la mecha que está lejos del sensor puede sumergirse en un recipiente de agua destilada o desmineralizada instalado de forma que se asegure su aislamiento completo del aire incidente. Algunos instrumentos no están provistos de recipiente de agua, y al utilizarlos, es preciso humedecer completamente la mecha antes de comenzar el ensayo y tener cuidado de repetir el humedecimiento a intervalos frecuentes para evitar que la mecha se seque excesivamente.

NOTA 8 El recipiente debe estar colocado de tal forma que el agua no fluya a la mecha a un ritmo demasiado rápido que ocasione goteo o proyección de gotas de la mecha.

A.3 Procedimiento operativo

Se instala el instrumento en el interior o en las proximidades de la zona de trabajo, pero alejado de cualquier forma de calor de personas o de equipos. Se pone en marcha el ventilador y se deja funcionar durante algunos minutos, controlando la temperatura medida, con el fin de instaurar condiciones operatorias estables. Durante este período la temperatura del bulbo seco normalmente debe bajar para después estabilizarse. Se comprueba que la mecha permanece húmeda durante el ensayo. Debe brillar cuando se observa bajo un rayo de luz y la adición de unas gotas de agua no debe producir cambio alguno en la temperatura del bulbo húmedo.

Si se utilizan sicrómetros sin registro, tanto electrónicos como de dilatación de líquido, se efectúan lecturas simultáneas (lo más próximas posible) de las temperaturas indicadas por los dos termómetros, o de la temperatura del bulbo seco y la humedad relativa, a intervalos de 2 min durante un período de unos 10 min. Se calcula la media de los valores obtenidos por el bulbo seco y por el bulbo húmedo o la humedad relativa. Se repite este ensayo en los locales o zonas de trabajo donde se guardan las muestras, en un número de emplazamientos suficiente que garantice la obtención de resultados representativos de las

zonas sometidas a ensayo. Se repiten los ensayos a intervalos irregulares durante un período de tiempo de 2 h ó 3 h, para estimar la estabilidad o plazo medio de sistemas caracterizados por ciclos de regulación relativamente largos.

Si se utilizan sicrómetros registradores se registra la temperatura del bulbo seco y, bien la temperatura del bulbo húmedo o la humedad relativa, durante un período de unos 10 min. Se marca en el diagrama la temperatura del bulbo seco y la del bulbo húmedo (o la humedad relativa) a intervalos de 2 min exactamente durante ese período de tiempo. Al seleccionar los puntos del registro gráfico en que se efectúan las lecturas, los valores efectivos no deben influir sobre la selección. Si se registra la temperatura del bulbo húmedo en lugar de la humedad relativa, las lecturas del bulbo húmedo anotadas deben coincidir en cuanto al tiempo con las temperaturas anotadas del bulbo seco. Se calcula la media de las lecturas del bulbo seco y las del bulbo húmedo o de la humedad relativa.

Si los resultados obtenidos son la temperatura del bulbo seco y la del bulbo húmedo, se calcula la humedad relativa de la forma que se indica en el capítulo A.4.

Si se utilizan sicrómetros registradores, el local de ensayo debe estar diseñado para ajustarse a esta forma si el diagrama indica que, tanto la temperatura del bulbo seco, como la humedad se encuentran permanentemente dentro de los límites prescritos.

Debe asegurarse que el funcionamiento del instrumento no se vea afectado por la proximidad de personal cuando se efectúan las lecturas. El calor del cuerpo humano puede influir sobre ambas temperaturas y la respiración del operador puede alterar de forma significativamente la temperatura del bulbo húmedo. Por ello, cuando se efectúan lecturas por fases, debe anotarse primero la correspondiente al bulbo húmedo.

A.4 Expresión de los resultados

A.4.1 Fórmula de conversión

Si el instrumento no indica directamente la humedad relativa, se transforman en humedad relativa la temperatura media del bulbo seco y del bulbo húmedo por cada período de 10 min, utilizando la fórmula que se indica a continuación o bien basándose en tablas o diagramas basados en esta fórmula.

La humedad relativa, expresada en tanto por ciento, viene dada por la fórmula:

$$100 \times p / p_W^{(t)}$$

donde:

$$p = p_W^{(t_W)} - A p_T^{(t - t_W)}$$

donde:

- $p_W^{(t_W)}$ es la presión de vapor de saturación del agua a la temperatura del bulbo húmedo (t_W);
- $p_W^{(t)}$ es la presión parcial de vapor de saturación a la temperatura del bulbo seco (t);
- p_T es la presión atmosférica (todas las presiones se expresan en las mismas unidades);
- t es la temperatura del bulbo seco, en grados Celsius;
- t_W es la temperatura del bulbo húmedo, en grados Celsius;
- A es el coeficiente sicrométrico, en kelvins recíprocos.

NOTA 9 La presión atmosférica p es un factor que influye de forma importante sobre el coeficiente sicrométrico. Las fluctuaciones normales a altitudes próximas al nivel del mar son demasiado pequeñas para influir apreciablemente sobre el resultado, pero a elevadas altitudes, por el contrario, puede ser necesario tener en cuenta el efecto de la presión atmosférica.

El valor de A depende del diseño del sicrómetro utilizado y de la temperatura atmosférica y varía de $6,5 \times 10^{-4} \text{K}^{-1}$ a $6,9 \times 10^{-4} \text{K}^{-1}$. Fijar el valor atribuido a A para el tipo de sicrómetro utilizado y la temperatura nominal del aire (punto medio del intervalo de variación especificado). Asegurarse de que los instrumentos que indican directamente la humedad relativa utilizan el valor concreto de coeficiente para el cálculo automático. Este cálculo que utilizan las señales del bulbo seco y el bulbo húmedo se basan, por lo general, en una ecuación de aproximación lineal desarrollada a partir del conocimiento del coeficiente sicrométrico apropiado para el instrumento. Si se conoce el valor de este coeficiente, es posible comprobar la precisión del cálculo, comparando los valores indicados de humedad relativa con los calculados a partir de la ecuación indicada anteriormente.

NOTA 10 Respecto a la determinación del coeficiente sicrométrico, una referencia útil (4) se encuentra en el anexo C

Las ecuaciones de aproximación lineal pueden utilizarse también para establecer tablas y diagramas sicrométricos, admitiendo la existencia de una relación lineal entre la temperatura del bulbo seco, la temperatura del bulbo húmedo y la humedad relativa en un pequeño intervalo de temperatura (del orden de 6 °C). Estas tablas y diagramas resultan válidos para un tipo de instrumento a temperaturas próximas a la temperatura normal y a presiones atmosféricas próximas a la normal. En la práctica, este constituye un método cómodo y ampliamente utilizado para estimar la humedad relativa en los instrumentos que no dan la lectura directa.

Todos los instrumentos sicrométricos deben ser verificados periódicamente (aproximadamente cada cinco años) por un laboratorio competente para comprobar aspectos distintos a la medida de temperatura, por ejemplo, la aptitud del coeficiente sicrométrico utilizado para la elaboración de tablas y diagramas o para calcular los valores de humedad, la colocación de los termómetros, es preciso, igualmente, calibrar a intervalos más frecuentes los dispositivos de medida de temperatura, procediendo a controles puntuales, preferentemente una vez al mes por lo menos, así como debe comprobarse continuamente el estado de las mechas.

A.4.2 Resultados del ensayo

Los valores medios, sobre un período de 10 min, de la temperatura del bulbo seco y de la humedad relativa, constituyen un resultado de ensayo y los valores de cada período de 10 min, un resultado de ensayo separado.

ANEXO B
(Informativo)

Interdependencia de la temperatura y la humedad relativa

B.1 Generalidades

Las especificaciones de los límites de temperatura dentro de los cuales se precisa la atmósfera de ensayo, no define en sí misma la precisión requerida para el control de la temperatura. Puede ser necesario, para asegurar el mantenimiento de la humedad relativa dentro de las tolerancias prescritas, limitar de forma más estricta las variaciones (temporales y espaciales) de la temperatura en la zona de trabajo. Durante el tiempo en que el aire acondicionado circula por la sala de ensayo, el aire se calentará o enfriará debido a ganancias o pérdidas de calor. Estas variaciones de temperatura (sin aporte o eliminación de humedad), suponen cambios de la humedad relativa. Al calentarse el aire, la humedad relativa disminuye y, al enfriarse, aumenta. En la tabla b.1. se muestra el orden de magnitud de este efecto. Por ejemplo, cuando hay que mantener la temperatura entre 22 °C y 24 °C, será preciso limitar las variaciones efectivas de temperatura en $\pm 0,7$ °C, en ausencia de regulación independiente de humedad, para mantener un control de humedad relativa de ± 2 %.

Tabla B.1

Variaciones de humedad relativa (H.R.) para variaciones de la temperatura de 0,5 °C, permaneciendo constante el contenido de vapor de agua del aire.

Temperatura del aire	Variaciones de H.R. por 0,5 °C ⁽⁵⁾	
	A 50 % H.R.	a 65 % H.R.
15	1.61	2.09
20	1.55	2.01
25	1.49	1.93
30	1.43	1.86

B.2 Locales de ensayo

El local de ensayo deberá tener las mínimas dimensiones necesarias para realizar los ensayos requeridos, y el equipo de acondicionamiento deberá tener capacidad suficiente para afrontar las perturbaciones y cargas más desfavorables susceptibles de presentarse. El local deberá ser de forma regular (cuadrado o rectangular), sin rincones, para que la circulación de aire sea uniforme. Conviene evitar la presencia de todo material susceptible de generar o absorber intermitentemente calor o humedad en el local de ensayo, y el número de personas en el local debe ser reducido y constante, dentro de lo posible.

La velocidad del aire circulante por el local debe ser lo suficientemente elevada para asegurar una renovación completa del aire cada 5 min por lo menos. Todo enfriamiento, calentamiento, humidificación y deshumidificación debe realizarse fuera del local y debe ser controlado mediante sensores situados en el interior del local o en los conductos de entrada del aire. La práctica más corriente consiste en introducir el aire a la altura del techo y retirarlo al nivel del suelo, aunque también, se ha encontrado satisfactorio introducir el aire al nivel del suelo y extraerlo al nivel del techo.

El aire debe admitirse a un ritmo aproximado de $0,5 \text{ m}^3/\text{min}$ por cada persona que permanece normalmente en el local. Es aconsejable mantener una presión de aire positiva en el local, para reducir al mínimo las perturbaciones originadas al abrir la puerta. Este procedimiento evita la necesidad de disponer de una esclusa de aire.

Conviene evitar la presencia en el local de pilas y cualquier otro tipo de recipientes que contenga agua, así como de toda fuente de calor que no sea necesaria. Sin embargo, esto no excluye la realización de ensayos que necesitan la utilización de agua [1] [2] o de aparatos que generan calor [3], siempre que la instalación de acondicionamiento de aire tenga capacidad suficiente para soportar esta carga.

B.3 Sistemas de control

Los sistemas de control de uso corriente se dividen en dos grandes grupos: sistemas de control independiente de la temperatura y la humedad y sistemas que utilizan la temperatura de saturación (punto de rocío) y de recalentamiento.

B.3.1 Sistema de control independiente de la temperatura y la humedad

Estos sistemas disponen de dispositivos de control independientes de la temperatura y la humedad, poseyendo cada uno su propio sensor. Dentro de este grupo son posibles diversas estrategias de regulación, por ejemplo conmutar a la humidificación controlada, aplicando estrategias similares en el caso del control de la temperatura. En estos sistemas la humidificación (deshumidificación) y el calentamiento (enfriamiento), constituyen etapas separadas del proceso de tratamiento de aire. El ajuste de la humedad se efectúa frecuentemente mediante regulación de todo o nada, debido a la dificultad de una regulación gradual y proporcional. Además, la existencia de retrasos debidos al tiempo necesario para que produzca efecto una variación del controlador y el tiempo que tarda el aire para llegar al sensor, favorece la aparición de situaciones de inestabilidad entre los dos dispositivos. La regulación proporcional de la temperatura presenta menos dificultades y, por tanto, es deseable regular la temperatura en los límites estrechos para evitar este fenómeno de inestabilidad aún cuando, con un sistema de control independiente, ambos parámetros pueden variar teóricamente sobre todo el intervalo admisible.

B.3.2 Sistemas que utilizan la temperatura de saturación (punto de rocío) y de recalentamiento

En estos sistemas, se controlan independientemente la humedad y la temperatura por medio de sensores separados, ya que los dos controles se efectúan sobre la base de la temperatura y son generalmente del tipo proporcional. El problema de inestabilidad, en particular se ve sensiblemente atenuado debido al hecho de que la temperatura de saturación (punto de rocío) varía muy lentamente. Sin embargo, un aspecto vital para un buen control, lo constituye el control preciso de ambas temperaturas de niveles constantes y no fluctuantes. Como el calentamiento es, normalmente, la última etapa del proceso de tratamiento del aire, será preciso, en la hipótesis de un control perfecto de la temperatura de saturación, mantener constante la temperatura final con una precisión superior a $\pm 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ para evitar variaciones superiores a $\pm 2 \%$ de la humedad relativa (véase anexo B). En la práctica, es necesario controlar a la vez la temperatura de saturación y la temperatura de calentamiento con una precisión igual o superior a $\pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

B.4 Fluctuaciones de la temperatura y la humedad relativa

Supuesto que el sistema de control funciona satisfactoriamente, fluctuaciones inadmisibles de la temperatura o la humedad se deben, generalmente, a un caudal inadecuado de aire o a una pobre circulación de aire en el local. Para poder garantizar de forma fiable y duradera la conformidad a lo prescrito en el capítulo 5 de esta norma, es deseable que el sistema satisfaga las condiciones siguientes.

B.4.1 Fluctuaciones de la temperatura

Para que el sistema funcione con la máxima eficacia, es deseable que:

- a) la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima en un mismo punto de la zona de trabajo no exceda de 1 °C en el curso de cualquier período de tiempo de 30 min.
- b) la variación de la temperatura media en un mismo punto en el curso de dos períodos cualesquiera de 30 min, en un intervalo de 24 h, no exceda de 0,5 °C.
- c) la temperatura en cualquier instante no debe variar más de 0,5 °C entre dos puntos cualesquiera de la zona de trabajo.

B.4.2 Fluctuaciones de la humedad relativa

Para que el sistema funcione con la máxima eficacia, es deseable que:

- a) la diferencia entre las humedades relativas máxima y mínima en un mismo punto de la zona donde se realizan los ensayos no exceda del 2 % en el curso de cualquier período de tiempo de 30 min y que la diferencia entre las humedades relativas medias durante cualesquiera períodos de 30 min, en un intervalo de 24 h, no exceda del 1 %.
- b) la humedad relativa en cualquier instante no debe diferir en más del 2 % entre dos puntos cualesquiera de la zona donde se realizan los ensayos.

NOTAS

11 Es conveniente que funcione en continuo en el local de ensayo un higrómetro registrador, independiente i integrado en el sistema de regulación, pero este higrómetro no debe utilizarse para establecer la conformidad de la atmósfera con las prescripciones de esta norma, a menos que satisfaga las prescripciones del anexo A.

12 En el anexo C se indica una referencia útil sobre la concepción y regulación de atmósferas de ensayo [6]

ANEXO C
(Informativo)

Bibliografía

- [1] ISO 535:1976 - Papel y cartón. Determinación de la absorción de agua (Método Cobb)
- [2] ISO 3781:1983 - Papel y cartón. Determinación de la resistencia a la rotura por tensión en húmedo.
- [3] ISO 7263:1985 - Papel para ondular. Determinación de la resistencia al aplastamiento en plano.
- [4] De Young, J. Appita 35-(6):483 (1982)
- [5] CRC. Handbook of Chemistry and Physics (1989/1990)
- [6] Handbook of Physical and Mechanical Testing of Paper and Paperboard, editado por Richard E. Mark, volumen 1, capítulo 12