

Si bien el grado de concentración de agua en el ambiente, no influye mayormente sobre la vida normal de un ser humano (salvo en el confort), sabemos que sí resulta relevante para ciertos procesos industriales, ya sean químicos, físicos o biológicos.



Figura 1. Higrotermómetros

Las moléculas de agua cambian la longitud de materiales orgánicos, la conductividad y peso de materiales higroscópicos y absorbentes químicos, y en general la impedancia de casi cualquier material. Estos cambios son utilizados por los métodos o principios de medición de los instrumentos para la medición de humedad. Así, el contenido de agua puede ser medido removiendo el agua (vapor) de una muestra y medir el cambio de peso. Otros principios fundamentales son la evaporación de una superficie de agua con una corriente de gas (psicrometría) y el enfriamiento de una muestra de gas hasta que la condensación es detectada.

¿Qué tipo de medidor utilizar? Un ingeniero cuya principal preocupación es evitar la condensación en su sistema, estará interesado en el punto de rocío de un flujo de gas. Un químico estará interesado en la cantidad de vapor de agua, mientras que en una imprenta o una bodega la humedad relativa es de mayor importancia.

CLASIFICACIÓN DE HIGRÓMETROS

En el mercado existe gran variedad de instrumentos que son utilizados para la medición de humedad, desde los higrómetros, higrotermómetros, meteorómetros, así como también diferentes métodos que van desde primarios hasta secundarios incluyendo a los basados en métodos fundamentales. Estos instrumentos de medición pueden partir de diferentes técnicas para obtención de la humedad relativa, ya sea por comparación, por cálculos, por tablas, etc.



Figura 2. Higrómetro Gravimétrico Patrón

Higrómetros:

Primario
Fundamental
Secundario



Figura 3. Patrones de humedad relativa, higrotermómetros e higróstatos

Tipo	Método	Intervalo	Límites de Error de Medición Típicos
Gravimétrico	Primario	-50...+100 °C Punto de rocío	±0,1 °C punto de rocío
Higrómetro óptico de espejo frío	Fundamental (transferencia)	0,05...99 %HR -80...+80 °C punto de rocío	±0,2 °C punto de rocío
Higrómetro electrolítico	Fundamental	1...2 000 ppm volumen	±5 % del valor medido en ppm Vol.
Psicrómetro	Fundamental	Limitado a 0...+60 °C punto de rocío	±2...5 %HR
Sensor capacitivo	Secundario	<5...95 %HR 0...+100 °C ambiente	±1...3 %HR
Sensor resistivo	Secundario	15...95 %HR -10...+80 °C punto de rocío	±2...5 %HR

¿CÓMO ELEGIR EL MEJOR SENSOR PARA MI PROCESO?

Una pregunta que, si no es la más, por lo menos si esta dentro de las más importantes en toda la industria, para la elección de un instrumento.

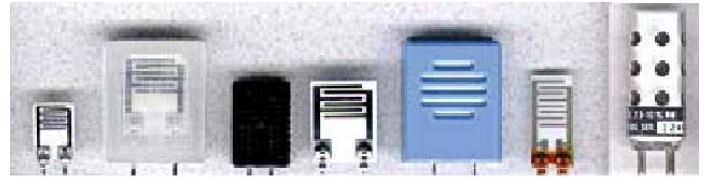


Figura 4. Sensores de humedad, tipo resistivo

Las especificaciones de un instrumento son la base para su elección y que debemos tener en cuenta, siempre teniendo como base las necesidades de nuestro sistema, son:

- *Exactitud:* Se entiende como el error máximo que se permite dentro de una medición, y aunque algunos fabricantes utilizan este término indiscriminadamente, generalmente se le relaciona con la linealidad y la histéresis que presenta el sensor.
- *Repetibilidad:* La entendemos como la diferencia que presentan las mediciones, bajo las mismas condiciones del instrumento, el mismo operador en un periodo de tiempo corto, mientras menores sean las diferencias, mejor será el sensor.
- *Tiempo de respuesta:* Velocidad con la que responde el sensor cuando se le somete a un cambio de humedad, en este punto influyen entre otros factores la temperatura, el flujo de aire y el tipo de filtro que se utiliza.
- *Tamaño:* Dependiendo de la aplicación y del espacio con que se cuenta, se debe elegir el tamaño del sensor.
- *Intervalos de operación:* No es recomendable tener un sensor con un intervalo de medición muy grande para procesos de intervalos pequeños ya que las mediciones se volverán burdas y quizás no muestren los cambios de humedad como se requieren.
- *Resistencia a contaminantes y ambientes extremos:* Si el proceso al que se someterá el instrumento de medición cuenta con ambientes poco usuales, se deberá tener esto en cuenta, eligiendo sensores especializados para dichos ambientes, colocando filtros especiales o protecciones a los sensores.
- *Costo & Efectividad:* Tener el mejor sensor, implica también su costo de operación comparado con su aplicación.

Nota: Los términos aquí presentados son interpretaciones, para conocer las definiciones oficiales consultar:

La Guía MetAs, Humedad Relativa Glosario de diciembre del 2001; o el VIM3 (Vocabulario Internacional de Metrología 3a edición del 2007).

Exactitud
Intervalo

TIPOS DE SENSORES

Partiendo de que no existe una tecnología de medición que sea apropiada para todas las aplicaciones, las mediciones de humedad relativa pueden ser hechas por sensores basados en: psicometría, deformación, resistivos, capacitivos y algunos otros tipos para aplicaciones más específicas.

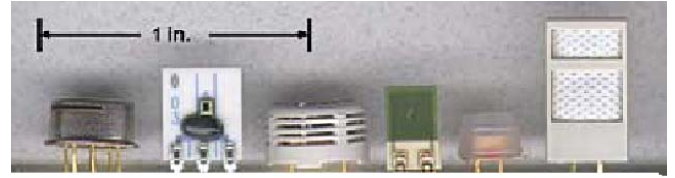


Figura 5. Sensores de humedad tipo capacitivo

Psicometría por bulbo húmedo/bulbo seco

La psicometría desde hace tiempo es uno de los métodos más populares para el monitoreo de la humedad debido a su simplicidad e inherente bajo costo. Un psicómetro industrial típico consiste de un par de termómetros eléctricos o de líquido en vidrio acoplados, uno de los cuales opera en estado húmedo. Cuando el dispositivo funciona la evaporación del agua enfría el termómetro humedecido, resultando una diferencia medible con la temperatura ambiente o la temperatura del bulbo seco. Cuando el bulbo húmedo alcanza su máxima caída de temperatura la humedad puede determinarse comparando la temperatura de los dos termómetros en una tabla psicométrica o mediante cálculos.

El psicómetro provee una alta exactitud en las proximidades del punto de saturación (100 %HR) y es fácil de operar y reparar, por otra parte a baja humedad relativa (menos del 20 %HR) el desempeño es pobre y el mantenimiento debe intensificarse. No puede utilizarse a temperaturas menores de 0 °C y, siendo el propio psicómetro una fuente de humedad, no puede utilizarse en ambientes pequeños o cerrados.

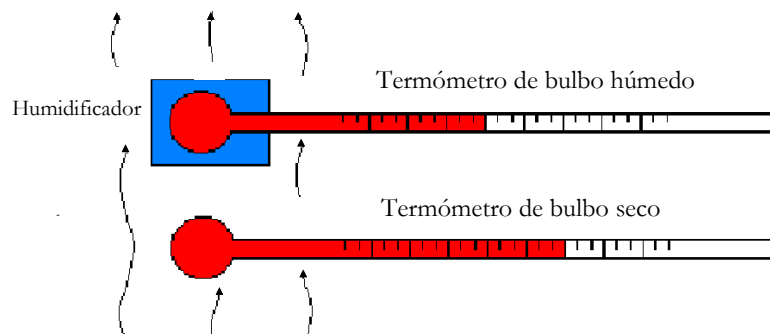


Figura 6. Psicrómetro de bulbo húmedo y bulbo seco

Sensor por condensación

El punto de rocío es una variable que nos permite encontrar la humedad relativa; para lograr esta medición se utiliza un dispositivo llamado comúnmente higrómetro óptico de espejo frío, y funciona de la siguiente manera.

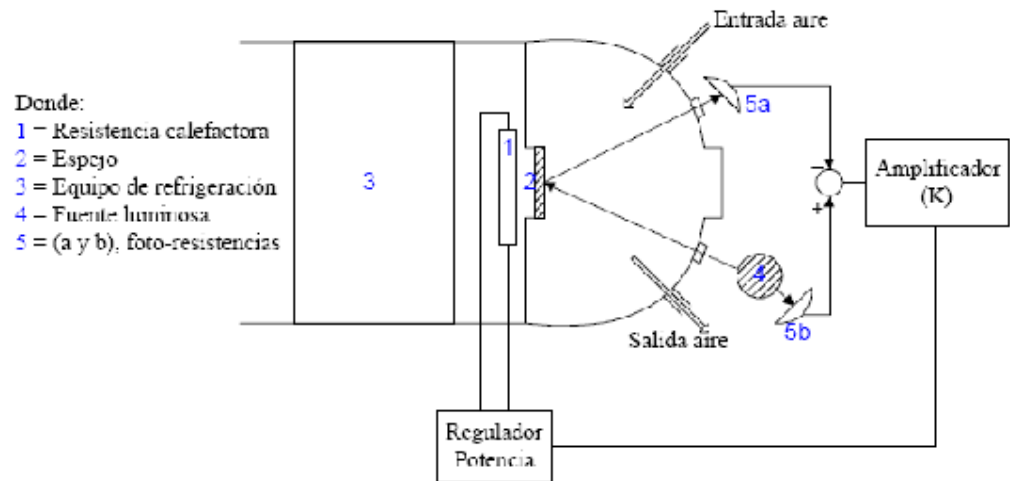


Figura 7. Sensor óptico de espejo frío

Se hace circular la mezcla gaseosa por una cámara provista en su interior de un espejo (2). El cual puede ser enfriado o calentado por un equipo de refrigeración (3) o calefactor (1) respectivamente, con la finalidad de poder lograr que el vapor se condense en el espejo o el agua se evapore de él. Además se cuenta con una fuente luminosa (4) que es proyectada sobre el espejo, el cual refleja el haz hacia una foto-resistencia (5a). La luz también incide en una segunda foto-resistencia (5b) en forma directa. Se tiene entonces una medición de la intensidad luminosa real (5b), y una distorsionada según la cantidad de condensación presente en el espejo (5a), la diferencia entre ambas es amplificada y sirve de actuación sobre el regulador de potencia que controla el calefactor.

En resumen es un lazo cerrado de control que logra temperar la superficie del espejo hasta llegar al punto de rocío, basta medir el valor de la temperatura superficial y acudir a las ecuaciones, tablas o gráficos psicrométricos para obtener %HR.

Temperatura
de Punto de
Rocío
=
"Dew Point"

Sensores mecánicos (por absorción o deformación)

La idea de este tipo de sensores, es aprovechar los cambios en las dimensiones que sufren ciertos tipos de materiales en presencia de la humedad. Los más afectados son algunas fibras orgánicas como por ejemplo el cabello humano, pelo de animal, madera y papel; así como fibras sintéticas como el nylon. Al aumentar la humedad relativa, las fibras aumentan de tamaño, es decir, se alargan. Luego esta deformación debe ser amplificada de alguna manera (por palancas mecánicas, o circuitos electrónicos), y debe ser graduada de acuerdo a la proporcionalidad con la humedad relativa.

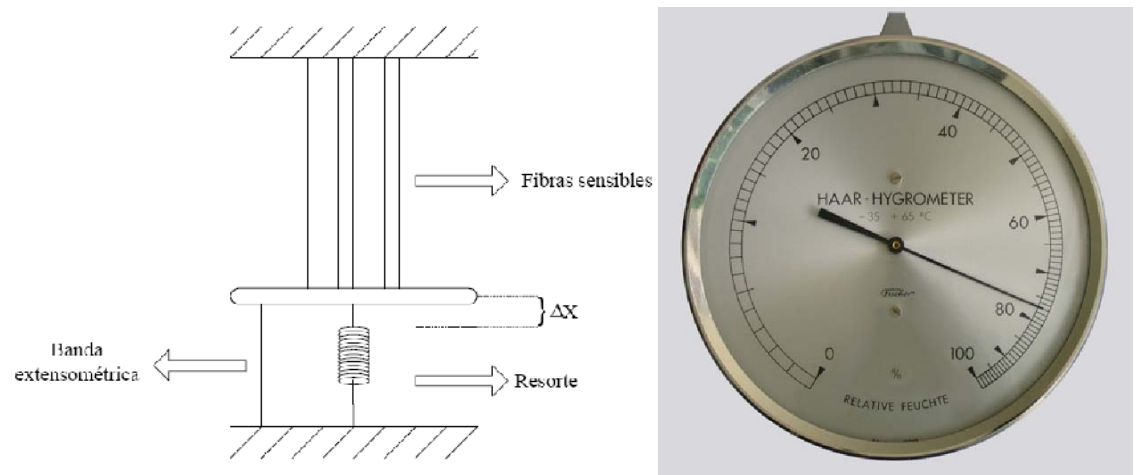


Figura 8. Sensor fibra de cabello

El error de medición de este tipo de sensores se especifica de 3 %HR, y su ventaja radica principalmente en que es fácil de reproducir, sin embargo, es poco robusto y no es de gran utilidad en aplicaciones industriales. Su intervalo de operación es de humedades relativas entre 15...95 %HR, a temperatura ambiente entre los -20 ... $+70$ °C. Uno de los requisitos para lograr una medición más confiable, es que el aire circule a una velocidad de 3 m/s a través del sensor de deformación formado por una tira de madera, papel o plástico sobre una tira metálica, enrollados en forma espiral o helicoidal.

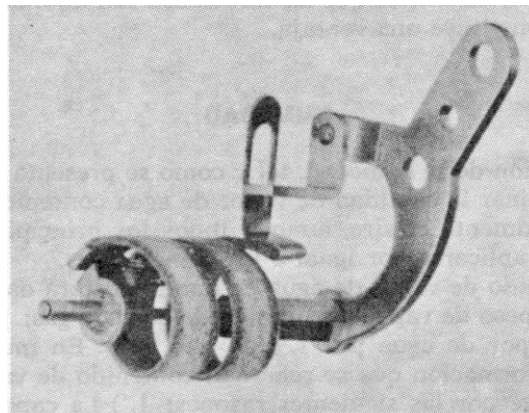


Figura 9. Higrómetro, sensor deformación

Sensores capacitivos

Los sensores capacitivos (polímero orgánico capacitivo) son diseñados normalmente con platos paralelos con electrodos porosos o con filamentos entrelazados en el sustrato. El material dieléctrico absorbe o elimina vapor de agua del ambiente con los cambios del nivel de humedad. Los cambios resultantes en la constante dieléctrica causa una variación en el valor de la capacitancia eléctrica del dispositivo por lo que resulta una impedancia que varía con la humedad. Un cambio en la constante dieléctrica de aproximadamente el 30 % corresponde a una variación de 0...100 %HR en la humedad relativa.



Figura 10. Sensor capacitivo

El material sensor es muy delgado para alcanzar grandes cambios en la señal con la humedad. Esto permite al vapor de agua entrar y salir fácilmente y el secado rápido para la sencilla calibración del sensor.

Este tipo de sensor es especialmente apropiado para ambiente de alta temperatura porque el coeficiente de temperatura es bajo y el polímero dieléctrico puede soportar altas temperaturas. Los sensores capacitivos son también apropiados para aplicaciones que requieran un alto grado de sensibilidad a niveles bajos de humedad, donde proveen una respuesta relativamente rápida. A valores de humedad superiores al 85 %HR sin embargo el sensor tiene una tendencia a saturar y se transforma en no lineal.

Sensor de temperatura y humedad integrado

El uso de procesos de fabricación CMOS industriales, permite la integración en un chip, del sensor y la parte del proceso electrónico de la señal, también asegura la confiabilidad más alta y la estabilidad a largo plazo excelente.

Este sensor permite la toma de los valores de: temperatura y humedad del medio ambiente, básicamente son sensores capacitivos para la medición de humedad y termistores para la temperatura.

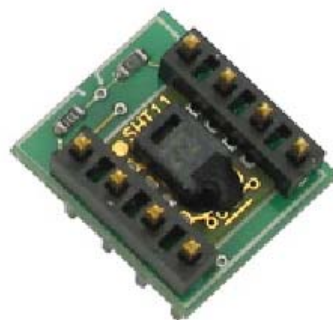


Figura 11. Sensor integrado

Humedad
Capacitancia
Dieléctrico

Sensor de bloque de polímero resistivo

Están compuestos de un sustrato cerámico aislante sobre el cual se deposita una rejilla de electrodos. Estos electrodos se cubren con una sal sensible a la humedad embebida en una resina (polímero). La resina se recubre entonces con una capa protectora permeable al vapor de agua. A medida que la humedad pasa por la capa de protección, el polímero resulta ionizado y estos iones se movilizan dentro de la resina. Cuando los electrodos son excitados por una corriente, altera la impedancia del sensor se mide y es usada para calcular el porcentaje de humedad relativa.

Por su misma estructura este tipo de sensores son relativamente inmunes a la contaminación superficial ya que no afecta su exactitud aunque si el tiempo de respuesta.

Debido a los valores extremadamente altos de resistencia del sensor a niveles de humedad menores que 20 %HR es apropiado para los intervalos altos de humedad.

Humedad
Resistencia
Impedancia

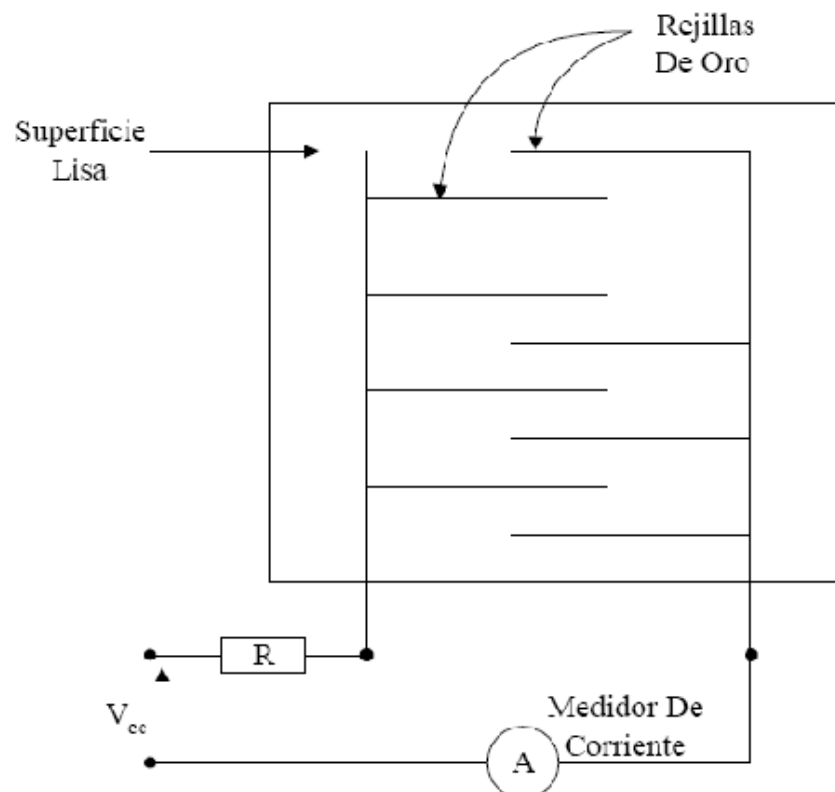


Figura 12. Sensor resistivo

APLICACIONES

Confort humano (ambientación)

Para nadie es un misterio que ante la presencia de un alto porcentaje de HR, nos empezamos a sentir incómodos, sin embargo, el alto costo de ambientación no es abordable por una familia normal, por lo que esta aplicación existe a nivel de servicios, que es brindado por empresas del rubro del turismo (Hoteles, Aviones, Oficinas, Cines y Piscinas).

Industria textil, papelera y de pieles

Como la humedad altera la estructura de ciertas fibras y tejidos, esto afecta la calidad del producto elaborado. Por ello es muy común apreciar la aplicación de sistemas de regulación de humedad en industrias relacionadas con estos productos.

Industria alimenticia

La mayoría de los alimentos contienen o son preparados con grandes cantidades de agua, la regulación del monto de líquido presente es vital para lograr un producto óptimo y normalizado. Las aplicaciones mas frecuentes son:

- Deshidratación (frutas, pastas, café, sopas, etc.);
- Panadería;
- Refrigeración de frutas y carnes;
- Conservación de vinos finos.

Industria farmacéutica

Los medicamentos son elaborados bajo estrictas medidas de calidad, en ello la humedad juega un rol importante, dado a que se emplea el uso de agua en la fabricación de muchos medicamentos, además de existir algunos procedimientos en que la presencia de agua no es deseada.

Meteorología

Es quizás la aplicación más común, o más conocida, de estos sensores. La humedad es una de las variables fundamentales en el estudio de la meteorología, y por ello es necesario contar con medidores muy exactos, para poder llevar registros, o realizar investigación científica.

Industria química - biológica

Se aplican en cultivos de bacterias, para estudiar su comportamiento ante los antibióticos, esto es realizado bajo condiciones de climatización extrema, en donde el control de humedad es fundamental.

Humedad
 Confort
 Estructura
 Conservación
 Ambiente
 Bacterias

Conservación y almacenamiento

Como ya se ha enunciado antes, la humedad altera las propiedades físicas, químicas y biológicas de una infinidad de materiales, sustancias u organismos. Por ello es una variable medida y controlada, especialmente en bodegas de almacenamiento (de largos periodos de tiempo), con el fin de evitar el deterioro de las especies afectadas. Es muy común emplear este tipo de sensores en la conservación de obras de arte (pinturas, esculturas y libros).

Electrónica y semiconductores

Las descargas electrostática "ESD" (Electrostatic Discharge) tienen un efecto destructor en circuitos electrónicos. La cantidad de energía transferida depende del medio ambiente en que ocurre: humedad relativa, temperatura, impurezas en el aire, distancia entre los cuerpos, etc.

Cuartos Limpios: Muchos procesos de producción de microelectrónica se realizan en cuartos limpios. Las partículas son filtradas del aire y las condiciones ambientales controladas.

"Glove boxes": la principal aplicación es el aislamiento de la atmósfera (gases, aire seco, nitrógeno y oxígeno). La humedad afecta los procesos dentro de las cámaras.

Fabricación de baterías de litio: El litio puro es altamente inflamable y ligeramente explosivo cuando se expone al aire y especialmente al agua. El proceso de fabricación se realiza en cuartos secos, donde la temperatura de punto de rocío es típicamente -40 °C o menor.

Neumática

Aire comprimido: Es ampliamente utilizado en el funcionamiento de maquinarias, válvulas neumáticas, etc. Niveles incorrectos de humedad pueden afectar a los equipos y procesos.

Construcción

El curado del concreto por inundación de agua se logra cubriéndolo con mantas húmedas o rociándoles compuestos de curado, durante un mínimo de 3 a 7 días. El curado a altos valores de humedad es un paso importante para alcanzar una losa de alta calidad con una reducida transmisión de humedad.

La humedad de la losa de concreto (hormigón) puede causar problemas con la adherencia de los materiales que recubren el piso, tales como losetas, láminas de piso, o alfombras y también pueden provocar fallas de adherencia o de falta de respiración de los recubrimientos de piso.

Control del secado y por consiguiente de la humedad de la madera utilizada en la construcción.

EFFECTOS NEGATIVOS EN LAS MEDICIONES

Un dispositivo correctamente calibrado no permanecerá en ese estado para siempre, de hecho existen varios factores que se deben considerar para mantener un sensor en correcto funcionamiento:

Temperatura

La temperatura puede afectar ciertos sensores, especialmente los que son calibrados a ciertas temperaturas constantes. Además si el sensor contiene resistores y condensadores como partes fundamentales de la medición, se deberá idear un sistema que regule la temperatura de tal modo que afecte lo menos posible.

Presión

Cambios de presión pueden afectar la calibración de un sensor, sin embargo, constituye un problema menor, dado que el valor del cambio de presión es fácilmente obtenible, con lo que se puede compensar las fluctuaciones que experimente el instrumento.

Contaminantes

Resulta obvio proteger el sensor de todo tipo de impurezas, que puedan alterar su funcionamiento. Lo anterior resulta muy importante en los sensores de tipo capacitivos, ya que la presencia de materiales extraños podría alterar la constante dieléctrica del mismo.

También se debe tener especial cuidado en los sensores que utilizan materiales higroscópicos, puesto que se puede alterar la composición química de la sal empleada, induciendo así errores no deseados.

Filtros de protección

Los filtros son usualmente utilizados para proteger el sensor de humedad de contaminantes que afecten las mediciones. Cuando el sensor no tiene ventilación artificial o forzada, se utilizan filtros con baja respuesta a los cambios, para prevenir daños ocasionados por los cambios bruscos.



Figura 13. Tipos de filtros

Se recomienda que para temperaturas superiores a los 80 °C, a presiones altas y a velocidades superiores a los 75 m/s se utilicen filtros como protección.

Una característica importante y que debemos tener en cuenta es la porosidad del filtro, estos poros deben de ser lo suficientemente pequeños para atrapar las partículas suspendidas en el aire y que pueden dañar el sensor.

Existen tres tipos básicos de filtro:

- *Metal Poroso*: Es utilizado en ambientes extremos, tiene una respuesta lenta a los cambios bruscos;
- *Rejilla o Malla*: La porosidad de la malla es relativamente pequeña pero son de respuesta rápida;
- *Plástico Abierto*: Solo se utiliza como protección y no como filtro ya que el sensor queda expuesto al ambiente.

Mantenimiento y protección

Para un correcto funcionamiento de los instrumentos de medición es recomendable los siguientes puntos:

- Mantenimiento preventivo periódico;
- Limpieza de sensores según especificaciones del fabricante;
- Uso y reemplazo de filtros;
- Condiciones ambientales controladas.

Higrometría

Metrología de
Humedad



GUEMISA

Sta. Virgilia, 29 - 28033 Madrid - Tfno.: 91 764 21 00
Desde 1986 suministrando sensores e instrumentación
<http://www.guemisa.com> - ventas@guemisa.com

