

**NORMA  
VENEZOLANA**

---

**COVENIN  
396:1973**

**ENSAYOS FUNDAMENTALES  
CLIMÁTICOS Y DE ROBUSTEZ  
MECÁNICA PARA LOS EQUIPOS Y  
COMPONENTES ELECTRÓNICOS.  
PARTE 2: ENSAYOS. GUÍA PARA  
ENSAYOS DE CALOR HÚMEDO.**

**2<sup>da</sup> Edición**



**CODELECTRA**  
COMITE DE ELECTRICIDAD DE VENEZUELA



**FONDONORMA**

---

NORMAS VENEZOLANAS

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES

(C O V E N I N)

ENSAYOS FUNDAMENTALES CLIMATICOS Y DE ROBUSTEZ MECANICA  
PARA LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRONICOS

Parte 2: Ensayos - Guía para ensayos de calor húmedo

Publicada por:

C O M I T E D E E L E C T R I C I D A D

( C O D E L E C T R A )

Edificio Aldemo piso 3  
Av. Venezuela - Esquina Alameda  
El Rosal - 106 Caracas

NORMAS VENEZOLANAS

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES

(C O V E N I N)

ENSAYOS FUNDAMENTALES CLIMATICOS Y DE ROBUSTEZ MECANICA  
PARA LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRONICOS

Parte 2: Ensayos - Guía para ensayos de calor húmedo

P R O L O G O

Esta norma forma parte del conjunto de las normas para ensayos de equipos y componentes electrónicos. Está basada en la Publicación CEI 68-2-28.

En su elaboración han participado los profesionales siguientes:

Castanheira de Moura, Anibal (Siemens Venezolana S.A.).  
García Retamero G. (Philips Venezolana S.A.).  
Flint, Manuel (Electrónica de Oriente).  
Martini, Juan J. (U.C.V.).

NORMAS VENEZOLANASCOMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES

(C O V E N I N)

ENSAYOS FUNDAMENTALES CLIMATICOS Y DE ROBUSTEZ MECANICAPARA LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRONICOSPARTE 2: ENSAYOS. GUIA PARA ENSAYOS DE CALOR HUMEDOI N D I C E

	Página
1    Introducción .....	1
2    Combinaciones extremas de humedad y temperatura que ocurren naturalmente .....	1
3    Principios básicos .....	2
4    Mecanismos de fallas .....	3
5    Guía para la elección del tipo de ensayo .....	4
6    Conclusiones .....	5

ENSAYOS FUNDAMENTALES CLIMATICOS Y DE ROBUSTEZ MECANICA  
PARA LOS EQUIPOS Y COMPONENTES ELECTRONICOS

Parte 2: Ensayos

GUIA PARA ENSAYOS DE CALOR HUMEDO

1 INTRODUCCION

Las normas COVENIN 405 y 440 contienen los procedimientos de pruebas para los ensayos de calor húmedo continuo y cíclico. Estos métodos indican varias severidades, expresadas en función de la temperatura y la duración de la prueba. Este documento tiene por fin guiar al ingeniero de ensayo y al que elabora la especificación, sobre el tipo de prueba y la severidad a especificar para aplicaciones particulares.

Para servir de base a la elección de los ensayos, esta norma analiza ciertos datos. Se abstiene de suministrar datos meteorológicos porque éstos no proporcionan una base sólida sobre la cual pueden determinarse las condiciones de ensayo. Discute los procesos físicos básicos que conducen a la falla de los especímenes sometidos a condiciones de humedad.

Estos procesos físicos pueden conducir a que se requiera más de un ensayo para investigar completamente los mecanismos de falla en casos específicos.

2 COMBINACIONES EXTREMAS DE HUMEDAD Y TEMPERATURA QUE OCURREN NATURALMENTE

Los equipos electrónicos y sus componentes pueden estar sometidos, en servicio, a temperaturas y humedades cuyas características dependen de los climas naturales o artificiales a los cuales los equipos están expuestos.

Los equipos destinados a ser usados al aire libre en una región cualquiera de la superficie terrestre, estarán rara vez sometidos a humedades relativas del orden del 100%, en temperaturas superiores a los 30°C. De acuerdo con las informaciones meteorológicas disponibles, tales condiciones climáticas ocurren sólo ocasionalmente en algunas regiones.

Sin embargo, puede ocurrir que ciertos equipos colocados en condiciones especiales puedan estar sometidos a humedades relativas del 100%, en temperaturas del orden de 55°C. En particular, si se encuentran en recintos tales como vehículos, tiendas de campaña o aviones, que puedan estar intensamente calentados por radiación solar y que, por falta de ventilación, sufran la humedad que se haya desarrollado en su interior.

Los equipos no suelen estar diseñados para ser utilizados en estas condiciones por períodos más o menos prolongados.



### 3 PRINCIPIOS BASICOS

3.1 Diseño y aplicación de un ensayo de calor húmedo. En el diseño de un ensayo de calor húmedo no es posible reproducir exactamente las condiciones climáticas naturales, puesto que las condiciones reales no son, en general, exactamente conocidas; aunque lo fueran, la duración de un ensayo que reprodujera tales condiciones, haría prohibitivo el mismo. Por estas razones el ensayo ha sido establecido, en forma convencional, para producir un cierto grado de aceleración de los fenómenos naturales.

En general, este ensayo se realiza en una o dos formas:

a) Un espécimen puede ser sometido a un ensayo de duración específica para determinar los efectos del calor húmedo de por sí; tales efectos pueden ocurrir a corto o largo plazo, según se discute más adelante (párrafo 4).

b) El ensayo de calor húmedo puede ser utilizado en una secuencia de ensayos de la cual constituya una de las pruebas, y que incluye otros ensayos como choques, vibraciones, alta y baja temperatura y baja presión. En estas condiciones, además de obtenerse información sobre el comportamiento en calor, este ensayo también actúa para revelar deterioros que puedan haber ocurrido como resultado de los otros ensayos en la secuencia.

3.2 Grado de aceleración del ensayo. El objeto de un ensayo de laboratorio es obtener el mismo tipo y grado de fallas que ocurrirían en servicio normal, pero en un lapso mucho más corto. Por lo tanto, en este sentido, dichos ensayos representan una aceleración de las condiciones normales de uso.

Se podría lograr un grado de aceleración considerable comprimiendo en el tiempo un gran número de sucesos severos que, en la práctica, se producirían en un lapso más largo; sin embargo, no parece posible establecer un factor de aceleración total para una secuencia de ensayos, sin evaluar detalladamente el comportamiento individual de cada tipo de espécimen, en relación con el posible mecanismo de fallas.

La aceleración no se logrará aumentando simplemente la severidad de la prueba por elevación, ya sea de la temperatura, de la humedad relativa, o de las dos a la vez, más allá de las condiciones que se producen en la práctica, puesto que el resultado podría también estar afectado por un proceso que no se produciría en condiciones naturales o normales.

En cualquier caso, un ensayo de calor húmedo no debe ser aplicado a una temperatura mayor que aquella para la cual los materiales y la tecnología de construcción de los especímenes han sido diseñado para funcionamiento o almacenamiento, según sea apropiado (por ejemplo la máxima temperatura del ensayo con calor seco).

Nota. El criterio de aceptación o rechazo de un espécimen debería estar definido por la especificación correspondiente. Una falla, en este contexto, no significa necesariamente una falla catastrófica, pudiendo consistir, simplemente, en una variación de algunos parámetros del espécimen, provocada por la prueba.

#### 4 MECANISMOS DE FALLAS

4.1 **Parámetro de ensayos y símbolos.** Los parámetros que definen el ensayo y que pueden afectar el tipo y grado de las fallas, se indican a continuación, con los símbolos que los designan.

Tiempo (duración total del ensayo)	t
Temperatura	$\theta$
Variación de temperatura	$\Delta\theta$
Gradiente de variación de temperatura	$d\theta/dt$
Humedad relativa	H.R.
Humedad absoluta	H.A.
Grado de impurezas presente en la atmósfera de prueba	Pu.

#### 4.2 Diagrama de los efectos de la humedad.

4.2.1 **Generalidades.** El diagrama de la pág. 7 indica los procesos físicos básicos, relativos a los ensayos con humedad y muestra los enlaces entre estos procesos y las características tecnológicas de construcción de los especímenes o de sus materiales, así como con los efectos del ensayo.

4.2.2 **Medio ambiente.** En la parte superior del diagrama, en la línea titulada "Medio ambiente", se encuentra la humedad o el vapor de agua contenido en la atmósfera en la cual se utiliza o ensaya el espécimen.

4.2.3 **Método de entrada.** El cuadro denominado "Penetración", colocado en la segunda línea del diagrama, indica cualquier proceso por el cual la humedad atraviesa sellos imperfectos, tales como revestimientos, cajas, tubos, mangueras, etc. Para especímenes en los cuales la superficie exterior forma parte del dieléctrico o de algún material funcional del espécimen, este cuadro puede no aplicarse; la humedad ataca, entonces directamente al espécimen por uno o varios de los procesos fundamentales indicados en la tercera línea.

4.2.4 **Procesos físicos.** La absorción puede producirse a una humedad relativa inferior al 100%. La condensación puede igualmente producirse a humedades relativas inferiores al 100%, por ejemplo, sobre superficies contaminadas. La película de agua producida puede entonces, en ciertos casos, reducir la velocidad de penetración.



La condensación puede producirse de dos formas diferentes:

1) Cuando la superficie exterior del espécimen está por debajo del punto de rocío, dentro de la cámara de calor húmedo, como por ejemplo, durante una rápida elevación de la cámara.

2) Sobre la superficie interna de un espécimen, por el mismo proceso físico que en 1), como resultado de la entrada de aire húmedo, debida a ciclos de temperatura sucesivos.

La entrada de aire húmedo está ocasionada por la presión diferencial entre el interior y el exterior del espécimen, a causa de la caída de temperatura en la cámara. Cada ciclo sucesivo hace que entre al espécimen vapor de agua con alta presión de vapor, hasta que, eventualmente, la presión interna de vapor, y por consiguiente el punto de rocío, sube hasta que se condensa el vapor sobre la superficie interna, resultando en acumulación de agua.

Dicha acumulación de agua en el interior del espécimen se considera como el efecto producido.

4.2.5 Efectos. En el diagrama de efectos, la línea 4 es una consecuencia de la línea 3, aún cuando tanto el mecanismo de condensación, como el de absorción, pueden conducir a variaciones en las propiedades no mecánicas del espécimen, pero nunca a variaciones en las propiedades mecánicas del mismo. Los efectos de la línea 4 aparecen subdivididos en la línea 5, mientras que la línea 6 da una subdivisión suplementaria de los efectos no eléctricos: efectos volumétricos o de superficie de contacto por la influencia de la absorción; y efecto de materiales simples o múltiples por la influencia de la absorción.

4.2.6 Ejemplos de efectos. La última línea (N°7) da algunos ejemplos típicos de estos efectos, y deberá precisarse que estos ejemplos no son los únicos que pueden resultar de tales operaciones físicas. Las casillas de esta línea no deberían ser consideradas como totalmente separadas, puesto que las interacciones entre los diversos efectos son a la vez posibles y probables. Estos se mencionan en la cuarta casilla ("reacciones químicas" etc.) en donde unas reacciones químicas entre la humedad y los materiales pueden conducir, como está indicado, a variaciones en la resistividad volumétrica, en el ángulo de pérdidas, etc. Esta es una de las interacciones más evidentes, pero hay, sin duda, muchas otras.

Muchas de estas "interacciones laterales" pueden necesitar un tiempo considerable para ser puestas en evidencia por sus efectos sobre propiedades medibles del espécimen, y este punto debe tenerse en cuenta cuando se decida la duración del ensayo.

## 5 GUIA PARA LA ELECCION DEL TIPO DE ENSAYO

El examen del diagrama muestra que son necesarias dos clases de ensayos para buscar fallas específicas y los efectos producidos, a saber: un ensayo cíclico y un ensayo continuo.



Estudiando los parámetros de ensayo simbolizados en el diagrama, es evidente que el fenómeno de absorción no depende en forma significativa ni de la variación, ni del gradiente de variación de la temperatura. Por consiguiente, no hace falta un ensayo cíclico para mostrar cualquiera de los efectos finales indicados en las cinco primeras casillas de la última línea del diagrama; además, sería necesario que un ensayo cíclico fuera mucho más prolongado que un ensayo continuo efectuado a los mismos niveles de temperatura superior y de humedad, en razón de las interrupciones de las condiciones máximas de prueba, que se producen durante el ensayo cíclico.

A la derecha del diagrama puede verse que la mayor parte de los procesos conocidos, por medio de los cuales la humedad penetra al interior de la caja del espécimen, depende ya sea de la variación de temperatura, de su gradiente de variación o de ambas a la vez. Igualmente, las operaciones de condensación y de absorción dependen sólo de uno de estos dos parámetros (los dos no obran simultáneamente), de manera que los ejemplos de efectos finales indicados en las tres últimas casillas de la última línea, dependen del gradiente de variación de la temperatura, por lo que requieren un ensayo cíclico.

Muchos de los efectos finales no pueden ser obtenidos, ni investigados, separadadamente, y no es posible decir con certeza que sólo los procesos de fallas indicados en el diagrama pueden aplicarse a un espécimen particular, por lo que la utilización del "diagrama de efectos" debería en muchos casos permitir una elección entre uno de los ensayos de calor húmedo: el continuo o el cíclico.

Puede ser que, para ciertos especímenes, resulten necesarios ambos ensayos.

En tal eventualidad se deberá tener un gran cuidado antes de decidir el orden en el cual serán realizados tales ensayos y pensar en la posibilidad de aceleración indebida o de inhibición de alguno de los procesos de falla.

## 6 CONCLUSIONES

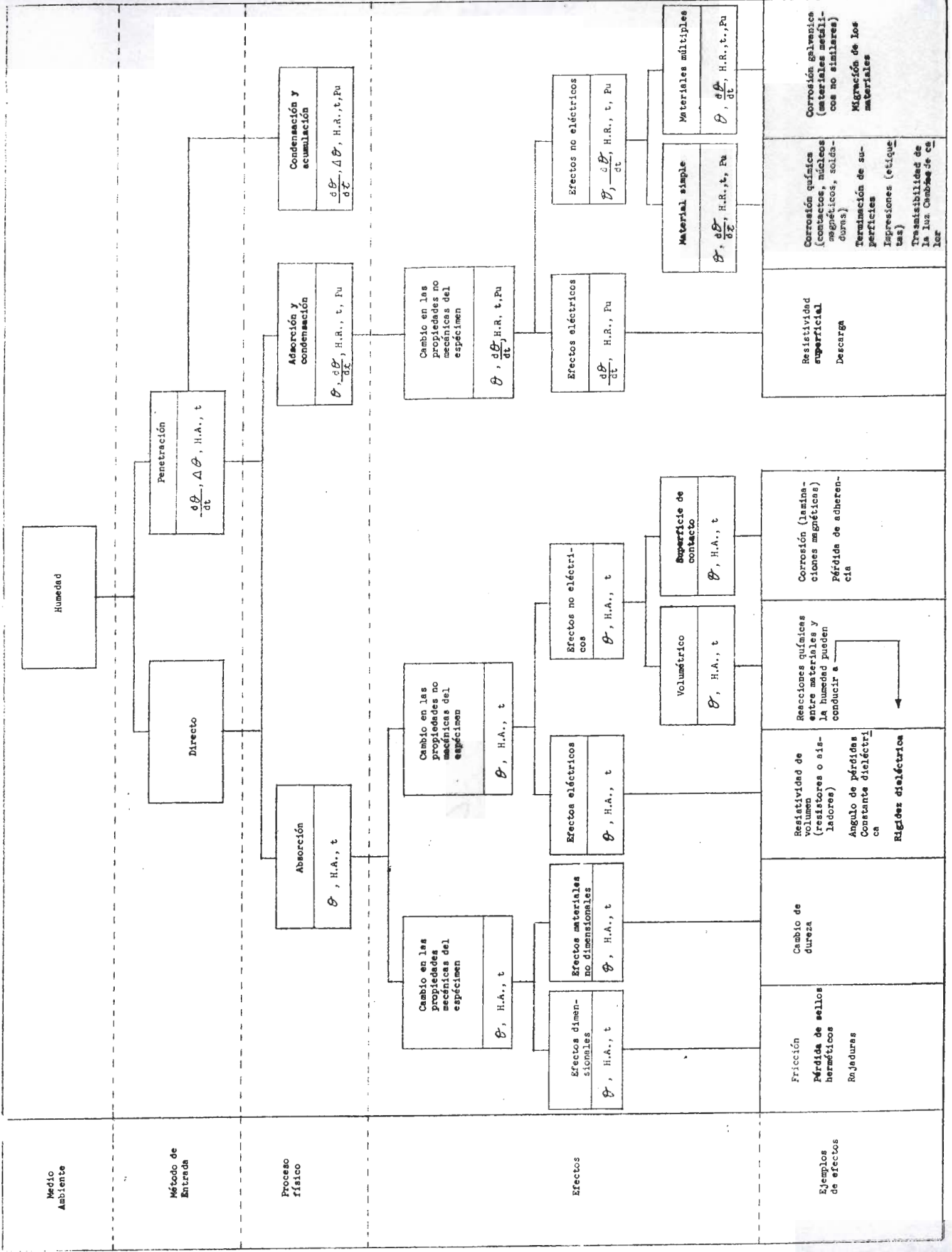
Cuando sea necesario especificar un ensayo de calor húmedo, deberán tomarse en cuenta los siguientes puntos para decidir el tipo de ensayo requerido y su severidad.

- 6.1 Es preciso conocer el diseño y la tecnología de fabricación del espécimen bajo ensayo, así como los efectos finales que se buscan, y considerarlos conjuntamente con el diagrama.
- 6.2 Las temperaturas correspondientes a la severidad del ensayo deben estar relacionadas con las temperaturas límites dadas para el funcionamiento o almacenamiento del espécimen, según el caso.
- 6.3 La duración del ensayo debe determinarse teniendo presente que ciertos efectos a largo plazo, tales como los químicos, pueden necesitar un tiempo considerable para tener una influencia sensible sobre alguna propiedad medible

del espécimen. Los especímenes pueden eventualmente presentar fallas en servicio, aún cuando hayan aparentemente satisfecho un ensayo con calor húmedo en el laboratorio.

6.4 Los ensayos con calor húmedo no deben ser utilizados como ensayos de corrosión, aún cuando ésta pueda ocurrir en tales ensayos. Sin embargo, la corrosión debe ser evaluada para determinar si ella ha tenido o pueda tener algún efecto sobre la seguridad de funcionamiento del espécimen.

6.5 Cuando hay que determinar efectos de respiración, se tomarán medidas para evitar la formación de una película de agua debida a la condensación, por que ello reduciría el régimen de entrada del aire húmedo.



Medio Ambiente

Método de Entrada

Proceso físico

Efectos

Ejemplos de efectos

Humedad

Directo

Penetración

Absorción

Adsorción y condensación

Condensación y acumulación

Cambio en las propiedades mecánicas del espécimen

Cambio en las propiedades no mecánicas del espécimen

Efectos dimensionales

Efectos materiales no dimensionales

Efectos eléctricos

Efectos no eléctricos

Efectos eléctricos

Efectos no eléctricos

Volumétrico

Superficie de contacto

Material simple

Materiales múltiples

Fricción  
Pérdida de sellos herméticos  
Ruñaduras

Resistividad de volumen (resistores o aisladores)  
Angulo de pérdidas  
Constante dieléctrica  
Rigidez dieléctrica

Reacciones químicas entre materiales y la humedad pueden conducir a

Corrosión (laminaciones magnéticas)  
Pérdida de adherencia

Resistividad superficial  
Descarga

Corrosión química (contactos, núcleos magnéticos, soldaduras)  
Terminación de superficies  
Impresiones (etiquetas)  
Transmisibilidad de la luz  
Cambios de color

Corrosión galvánica (materiales metálicos no similares)  
Migración de los materiales

$$\frac{d\theta}{dt}, \Delta\theta, H.A., t$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\theta, \frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu$$

$$\frac{d\theta}{dt}, \Delta\theta, H.R., t, Pu$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\theta, \frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\frac{d\theta}{dt}, H.R., Pu$$

$$\theta, \frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\theta, H.A., t$$

$$\theta, \frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu$$

$$\theta, \frac{d\theta}{dt}, H.R., t, Pu$$



**COVENIN**  
**396:1973**

**CATEGORÍA**  
**B**

---

## **CODELECTRA**

**Comité de Electricidad de Venezuela**

**Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque  
Boyacá, Torre Centro, Piso 5, Oficina 51.  
Teléfonos: 285-28-67 / 77-74 Fax: 285-47-87  
E-mail: [codelectra@codelectra.org](mailto:codelectra@codelectra.org)**

**ICS: 620.16.621.395.6**  
**ISBN:**

**RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS**  
**Phohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.**

---

**Descriptores:**