

01126  
4



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## PROYECTO DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS ELECTRICAS A CONDUCTORES.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N :

**ANDRES (ANGULO CRUZ**  
**ALBERTO GALVAN PADILLA**  
**EDUARDO PINEDA MENDOZA**



ASESOR: ING. EUGENIO ALMANZA CASTRO

MEXICO, D. F.

2003

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios:**

*Por permitirnos seguir con nuestras metas*

### **A nuestro Director de Tesis:**

*Ing. Eugenio Almanza Castro por su paciencia, comprensión, capacidad y empeño para formar nuevos profesionistas, haciendo posible la realización del presente trabajo.*

### **A nuestros padres y hermanos:**

*Por estar siempre a nuestro lado, quienes con su confianza y apoyo participaron en la realización de nuestra carrera profesional.*

### **A todos nuestros profesores:**

*Por la formación que nos dieron, compartiendo sus conocimientos y experiencias.*

### **A la facultad de Ingeniería:**

*Por brindarnos el lugar y la oportunidad de obtener los conocimientos útiles para ser mejores.*

B

## INDICE

	PAGINA
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>Clasificación de los Conductores Eléctricos</b>	3
1.1 Importancia de los conductores eléctricos	5
1.2 Conductor eléctrico	6
1.3 Clasificación de conductores eléctricos	13
1.4 Alambre	14
1.5 Cable	20
1.6 Cordón flexible.	30
1.7 Cables de control	37
1.8 Cables multiconductores de energía	40
1.9 Cable portaelectrodo para soldadoras eléctricas	43
1.10 Cables de aluminio con cableado concéntrico y ala de acero	44
1.11 Clasificación de aislamientos para los conductores eléctricos	45
1.12 Características de los aislamientos de los conductores	46

C

## **CAPÍTULO 2**

<b>Normalización Aplicable a Conductores Eléctricos</b>	57
2.1 Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico A.C. ANCE	59
2.2 Desarrollo de ANCE	61
2.3 El CONANCE	76
2.4 Laboratorio de calibración	84

## **CAPÍTULO 3**

<b>Recursos Existentes y Necesarios del Laboratorio de Ingeniería Eléctrica para pruebas a conductores</b>	87
3.1 Semblanza de los equipos para las pruebas a conductores	89
3.2 Equipos para las pruebas a los conductores eléctricos	90

## **CAPÍTULO 4**

<b>Selección de las Pruebas Eléctricas, Mecánicas y Térmicas</b>	105
4.1 Normas aplicables a los conductores eléctricos	107
4.2 Principales características que afectan a los conductores	114
4.3 Criterios para seleccionar los métodos de pruebas	122

D

## **CAPÍTULO 5**

<b>Análisis de Inversión</b>	125
5.1 Análisis	127
5.2 Que se efectuó y que falta por realizar a los equipos del laboratorio	127

## **CAPÍTULO 6**

<b>Procedimientos de Métodos de Pruebas a Conductores Eléctricos de Baja Tensión</b>	135
6.1 Esfuerzo y alargamiento por tensión a la ruptura en los aislamientos, pantallas semiconductoras y cubiertas	137
6.2 Deformación permanente en los aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos	151
6.3 Resistencia al rasgado en las cubiertas protectoras de material elastómero a conductores eléctricos	155
6.4 Envejecimiento acelerado a las pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores	161
6.5 Resistencia al choque térmico al aislamiento y cubiertas protectoras de policloruro de vinilo (PVC) en conductores	169
6.6 Flexibilidad en los conductores eléctricos aislados con policloruro de vinilo (PVC)	175
6.7 Determinación del alargamiento en caliente y deformación permanente aplicable a aislamientos de etileno propileno y polietileno de cadena cruzada	181
6.8 Dobleza en frío de aislamientos y cubiertas	186

E

6.9	Resistencia, resistividad y conductividad eléctrica	197
6.10	Absorción de humedad en conductores eléctricos	207
6.11	Aplicación de alta tensión en c.a y c.d.	214
6.12	Resistencia de aislamiento	228
6.13	Determinación de la resistividad superficial específica	242
6.14	Prueba de chispa aplicada durante el proceso de fabricación de conductores eléctricos	247
6.15	Aplicación de descarga eléctrica a la cubierta protectora con doblez en "U"	351

## **CAPÍTULO 7**

	<b>Propuesta Temática al Departamento de Ingeniería Eléctrica</b>	<b>255</b>
--	---	------------

7.1	Propuesta al departamento de ingeniería eléctrica	257
-----	---	-----

	<b>Conclusiones</b>	<b>265</b>
--	---------------------	------------

	<b>Anexo A</b>	<b>271</b>
--	----------------	------------

	<b>Anexo B</b>	<b>277</b>
--	----------------	------------

	<b>Anexo C</b>	<b>281</b>
--	----------------	------------

	<b>Anexo D</b>	<b>285</b>
--	----------------	------------

	<b>Bibliografía</b>	<b>305</b>
--	---------------------	------------

F

## **INTRODUCCIÓN**

La electricidad resulta peligrosa cuando se utilizan Conductores Eléctricos con materiales incorrectos, si son mal seleccionados o si se colocan de una forma inadecuada. También con el tiempo pueden convertirse en una instalación insegura por falta de mantenimiento apropiado.

Es muy importante tener el conocimiento de los diferentes tipos de Conductores Eléctricos que existen, para ofrecer adecuadamente las condiciones necesarias de uso eficiente y racional en el consumo de la energía eléctrica, cumplir con las características básicas de servicio y seguridad para los equipos, las personas y su patrimonio.

Por tal motivo se elaboró el presente trabajo, que tiene como base la realización de pruebas eléctricas, mecánicas y térmicas para diferentes muestras de conductores eléctricos, de acuerdo con la norma NOM-J-063, Productos Eléctricos – Conductores – Requisitos de Seguridad; donde se mencionan los requisitos mínimos que deben cumplir los conductores de baja tensión.



Para cumplir con la norma citada, se realizó una clasificación de los Conductores Eléctricos, un inventario en el laboratorio para conocer los equipos existentes en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, se analizaron los métodos de las Normas Mexicanas haciendo una selección de los métodos que se pueden realizar con los equipos disponibles en laboratorio indicando los procedimientos de dichas pruebas tanto mecánicas, como térmicas y eléctricas.

Por último se exponen algunas ideas prácticas con el fin de dar continuidad a este trabajo y poder aprovechar al máximo los equipos e instrumentos del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Facultad de Ingeniería.

**CAPÍTULO 1**  
**CLASIFICACIÓN DE LOS**  
**CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

H

## **1.1 IMPORTANCIA DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

El desarrollo de la electricidad a cambiando nuestro estilo de vida. A partir de un sin fin de formas para utilizarla, no sólo como alumbrado como fue en un principio, sino también con otros fines distintos.

Por lo anterior se tuvo la necesidad de producir grandes cantidades de energía eléctrica, creando centrales generadoras, sistemas de transmisión, distribución e instalaciones eléctricas.

Para poder dar uso a la energía eléctrica se requiere de todo un conjunto de instalaciones eléctricas con distintas funciones y con el propósito de llevarla por diversos Conductores Eléctricos para satisfacer necesidades.

Para transportar la energía eléctrica desde el punto en que se genera hasta el punto donde se utiliza, se emplean los Conductores Eléctricos, por su importancia en este capítulo se realiza una clasificación de estos.

## 1.2 CONDUCTOR ELÉCTRICO

Un Conductor Eléctrico es aquél material cuya principal característica es oponer poca resistencia al paso de la corriente eléctrica así como una buena conductividad. Para utilizar los conductores se requieren que cumplan con varios requisitos, de acuerdo a su utilización, en cuanto a propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas considerando también el aspecto económico.

Por esta razón la mayor parte de los Conductores Eléctricos empleados en instalaciones eléctricas están hechos de cobre (Cu), o aluminio (Al), que son los materiales con mayor conductividad y comercialmente con un costo bajo, aunque existen otros materiales de mayor conductividad; como por ejemplo, el oro y la plata; pero su precio es más elevado y por eso se hace antieconómica su utilización.

Cuando se hacen estudios comparativos, el aluminio tiene una conductividad menor que el cobre de aproximadamente un 16%, pero dado que es mucho más liviano, resulta un poco más económico a igualdad de peso teniendo hasta cuatro veces más conductor que el cobre.

La Norma NOM-063, identifica a los Conductores por un número, que comúnmente se conoce como calibre y sigue el sistema de medida americano de designación AWG (American Wire Gauge), teniendo calibres por ejemplo de: 4/0, 2/0, 6, 8, 10, 12, etc., a mayor calibre menor es el diámetro de la sección transversal del conductor.

La escala AWG diseñada por J. K. Brown en 1857 empieza en el número 36 y termina en el 4/0 correspondiendo un diámetro de 5 y 460 milésimas de pulgada respectivamente. En esta escala se cumple la siguiente regla:

$$d_x = d_{36} K^n$$

Fórmula 1.1

Donde:

$d_x$  = Es el diámetro de sección transversal en función del calibre AWG del conductor que se desea conocer.

$d_{36}$  = 5 milésimas de pulgada.

$K$  = Es un valor constante fijado por  $d_{36} = 5$  [milésimas de pulgada] y  $d_{4/0} = 450$  [milésimas de pulgada]

$n$  =  $36 - x$ , siendo "x" el valor que se relaciona directamente con el calibre AWG de acuerdo a la siguiente tabla 1.1.

Calibre AWG	Valor de "x"	n = 36 - x	Diámetro de sección transversal "d <sub>x</sub> "
4/0	-3	39	460,0000
3/0	-2	38	409,1957
2/0	-1	37	364,4998
1/0	0	36	324,5256
1	1	35	289,0067
2	2	34	257,3752
3	3	33	229,2058
.	.		.
.	.		.
.	.		.
36	36	0	5

Tabla 1.1 Diámetro de la sección transversal en milésimas de pulgada

Despejando la constante "K" de la fórmula 1.1:

$$K = (d_x/d_{36})1/n$$

Considerando el valor de  $d_x = d_{4/0} = 460$  y  $n = 39$  de acuerdo a la tabla 1.1, la constante  $K = (460/5)1/39$

$$K = 1,1229$$

Al conocer la constante "K" y el diámetro del calibre 36 se puede conocer cualquier diámetro en milésimas de pulgada de la escala AWG.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Es importante observar que la fórmula 1.1 tiene unidades igual al del calibre número 36 en milésimas de pulgada. Si se requiere tenerlas en mm solo basta con hacer la conversión de unidades.

$$5 \text{ [milésimas de pulgada]} = 0,005 \text{ [in]} \times 1 \text{ [25,4 mm / 1 in]} \\ 5 \text{ [milésimas de pulgada]} = 0,127 \text{ mm}$$

Por ejemplo para calcular el diámetro de un conductor de cobre calibre #12, considerando que  $d_{36} = 0,127 \text{ mm}$  tendremos entonces:

$$d_{12} = d_{36} K^{(36-12)} \quad d_{12} = 0,127(1,1229)^{24} \\ \text{Por lo tanto } d_{12} = 2,0511 \text{ mm}$$

Tal resultado es aproximado al especificado por la norma de seguridad para conductores eléctricos NOM-063.

Para conductores con un área mayor del designado como 4/0, se hace una designación que está en función de su diámetro en milésimas de pulgada, para lo cual se emplea la unidad denominada Circular Mil (CM).

La relación entre el circular mil y el área en milímetros cuadrados para un conductor se obtiene como sigue:



Se dice que se tiene un circular mil (CM), cuando el área de la sección transversal del conductor tiene un diámetro de una milésima de pulgada.

$$1 \text{ CM} = 1/4\pi D^2 = 1/4[3,1416 (0,001)^2] = 785,4 \times 10^{-9} [\text{in}^2]$$

Despejando  $\text{in}^2$ :

$$1 \text{ in}^2 = 1 \text{ CM} / 785,4 \times 10^{-9} = 1,273 \text{ 24} \times 10^6 [\text{CM}]$$

y como:

$$1 \text{ in}^2 = (25,4 \text{ mm})^2 = 645,16 \text{ mm}^2$$

Entonces:

$$1 \text{ mm}^2 = 1,273 \text{ 24} \times 10^6 [\text{CM}] / 645,16 = 1 \text{ 973,525} [\text{CM}]$$

Por lo tanto:  $1 \text{ mm}^2 = 1 \text{ 973,525} [\text{CM}]$ , debido al error admisible para cálculo de los Conductores se considera aproximadamente:

$1 \text{ mm}^2 = 2 \text{ 000} [\text{CM}] \text{ ó también } 1 \text{ mm}^2 = 2 \text{ KCM}$
--

Por mucho tiempo se utilizó la nomenclatura MCM, para indicar que son miles de CM, sin embargo de acuerdo a las Normas Internacionales, el múltiplo correspondiente a mil es el Kilo (K) y por lo tanto la nomenclatura correcta es KCM.

Por ejemplo, un conductor de 250 KCM, corresponderá a aquél cuya sección sea de 250 000 CM y así sucesivamente hasta el de mayor tamaño normalizado, que es el de 2 000 000 de milésimas de circulares (2 000 KCM).

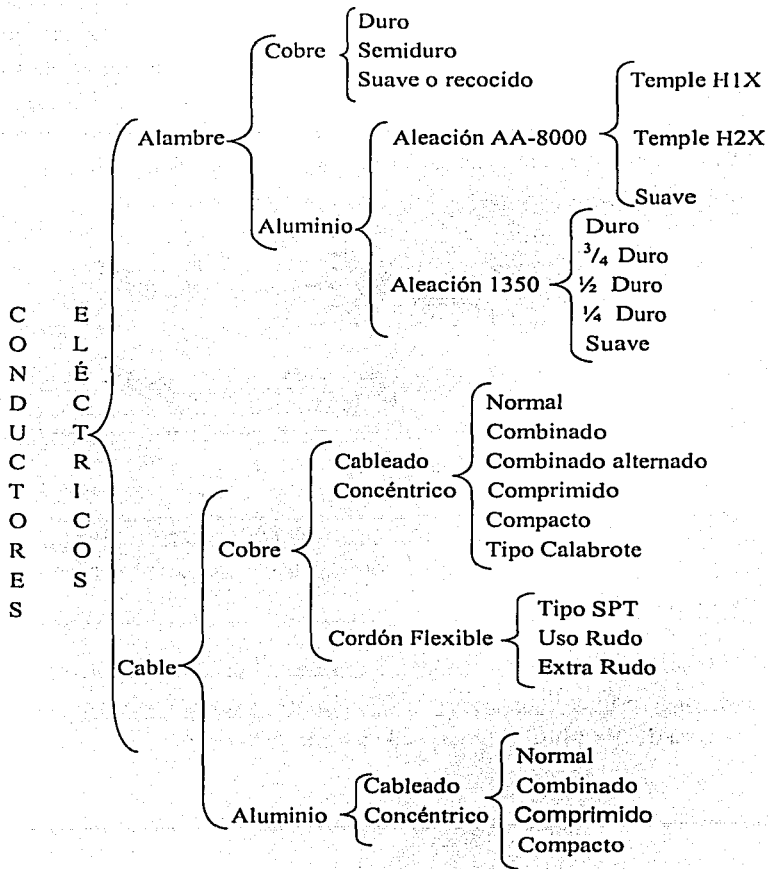
El Conductor puede tener varias formas comerciales, pero básicamente está constituido por:

- **Un Alambre** Es un hilo macizo y su aislamiento elaborado de diversos materiales que dependen de su aplicación.
- **Un Cable** Confeccionado comercialmente con varios alambres o hilos, una característica primordial de estos cables es su construcción en capas de hilos alrededor de un alambre central manteniendo una relación de paso de cableado constante.
- **Un Cordón** Es una variante a la construcción del conductor anterior, su principal característica que lo hace diferente comparándolo con un calibre de cable, es el mayor número de alambres sin tener que formar capas concéntricas, aunado a su tipo de aislamiento y aplicaciones.

Por norma se tiene que la longitud del paso del cableado es la distancia medida en línea recta de una vuelta completa que da uno de los alambres de cualquier capa sobre el eje central del cable. Por lo tanto, se define como la relación de paso de cableado al dividir su longitud entre el diámetro exterior de la misma capa.

Una clasificación de los conductores eléctricos es la que se muestra a continuación, está se hace con base al tipo de construcción de los elementos conductores (cobre o aluminio).

### 1.3 CLASIFICACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS



## 1.4 ALAMBRE

El alambre de sección circular para usos eléctricos, es un conductor (Hilo) sólido metálico elaborado mediante un proceso industrial metalúrgico, técnicamente conocido como “laminación” que inicia con la materia en bruto de cobre o de aluminio y termina con medidas específicas, apegadas estrictamente a la Norma Oficial.

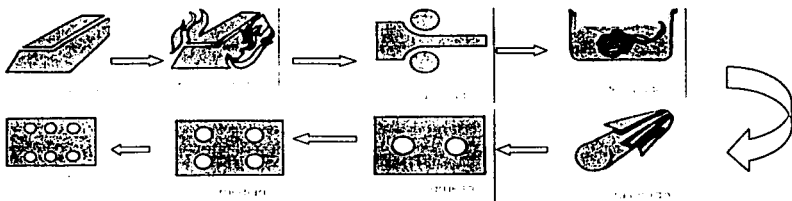


Figura 1.1

EL proceso del metal en lingotes para formar un conductor pasa por diversas etapas de estirado en frío y en caliente como se muestra en la figura 1.1.

Por medio del estirado en caliente se le da forma de alambón y por el estirado en frío se le proporciona su dimensión definitiva de alambre, esto es, se le asigna el calibre.

Después del estirado se le somete a un tratamiento térmico que consiste en calentar el metal hasta su temperatura de cristalización, en donde las estructuras atómicas del metal se reacomodan debido a que en los pasos de estirado el metal sufre un desacomodo estructural.

Una vez realizados los pasos ilustrados en la figura 1.1 se somete el conductor a un tratamiento de estañado (en algunos cables), tiene como fin protegerlo de agentes químicos como el azufre que se utiliza en la vulcanización de elastómeros empleado para aislar al conductor.

En conductores de aluminio este paso de estañado no se requiere, ya que el aluminio y el azufre no reaccionan químicamente.

El alambre terminado debe contar con las características generales que son observables a simple vista, tales como: una superficie lisa, estar libre de grietas, inclusiones, rayas, puntas dañadas, dobleces, cejas, y cualquier otra imperfección, como puede verse en la siguiente figura 1.2.

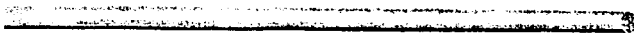
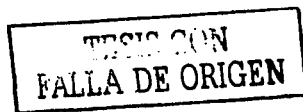


Figura 1.2



Con una pureza mínima del 99,9% para el cobre y del 99,5 % para el aluminio, es decir, por cada Kilogramo de alambre, únicamente se le permite en su elaboración, un gramo y cinco gramos de impureza respectivamente; lo que para fines de análisis químicos, tal estado debe determinarse de común acuerdo entre el fabricante y el comprador.

Para el alambre de aluminio conocido como Aleación de Aluminio 1350, o también designado como grado conductor eléctrico (CE), se clasifica en cinco temple, como se muestra en la tabla 1.2, y para la aleación de aluminio AA-8000, los temple se muestran en la tabla 1.3 siguientes.

TEMPLE	CLAVE INTERNACIONAL (ISO)
duro	HH
$\frac{3}{4}$ duro	HF
$\frac{1}{2}$ duro	HD
$\frac{1}{4}$ duro	HB
suave	O

**Tabla 1.2 Aleación de Aluminio 1350**

TEMPLE	CLAVE ANSI
duro	H19
¾ duro	H16 y H26
½ duro	H14 y H24
¼ duro	H12 y H22
suave	O

**Tabla 1.3 Aleación de Aluminio AA-8000**

El significado de las letras empleadas para los temple es:

Para la tabla 1.2:

H: Endurecido con selenio (Se), se aplica al aluminio para incrementar la tensión mecánica con o sin tratamiento térmico suplementario, la letra H es seguida por una letra en la clave internacional.

La clave internacional ISO (International Standards Organization), la segunda letra indica en orden alfabético, el grado ascendente del esfuerzo por tensión a la ruptura desde HB hasta HH.



Para la tabla 1.3:

H1 y H2: Los primeros dígitos 1 y 2 indican respectivamente:

- 1: Endurecido por tensión mecánica, sin emplear ningún tratamiento térmico.
- 2: Endurecido por estirado en frío y después recocido parcialmente.

El segundo dígito (2, 4, 6, 9) que sigue a la designación H1 y la H2 de la tabla, indica en orden numérico progresivo, el grado ascendente de endurecido mecánico, es decir, el grado de mayor esfuerzo por tensión a la ruptura.

Para ambas tablas (1.2 y 1.3):

O: Se aplica al aluminio cuando ha sido totalmente recocido para obtener una conductividad y suavidad máxima, con lo cual resulta un esfuerzo bajo por tensión a la ruptura.

Tomando como base la construcción y diseño de los diversos conductores eléctricos que existen en el mercado, podemos clasificarlos en dos tipos:

- I. Los destinados para la elaboración de cables telefónicos y alambre magneto, por requerir para su manufactura material de cobre suave con diámetros relativamente delgados, que van desde 0,250 mm (30 AWG) hasta 0,079 mm (40 AWG).
- II. Diseñados apropiadamente para la elaboración de todo tipo de conductores eléctricos, en diversas formas comerciales e independientemente de su forro o aislamiento que tenga. Los encontramos en alambres, cables o cordones flexibles, empleándose de manera general en toda instalación eléctrica en una gama de aplicaciones en baja, mediana y alta tensión eléctrica.

Por lo tanto, se considera al alambre como la unidad esencial para la realización de los diversos cables y cordones de cobre y/o aluminio con recubrimiento acorde a sus aplicaciones o desnudos para acometidas aéreas y sistemas de tierra.

La forma de su sección transversal varía, dependiendo de su utilización. Para el caso del alambre de cobre de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-063, se clasifica para su comercialización y uso en tres tipos de temple: El duro, el semiduro y el suave o recocido, teniéndose a semejanza del conductor de aluminio, al temple suave como el de mayor conductividad (100 % de IACS).

El conductor de temple duro en su elaboración solamente es estirado y no recibe tratamiento térmico. El de temple semiduro es estirado, después sometido a tratamiento térmico y por último estirado una vez más. Para el caso de temple suave se tiene que una vez que ha sido estirado se lleva a un tratamiento térmico de recocido.

## 1.5 CABLE

El cable es aquel que está formado por un conjunto de alambres y puede tener diferentes tipos de cableado como se menciono anteriormente.

Un cable está formado por 7, 19, 37 etc., hilos de cobre o aluminio. Existe una fórmula para determinar el número de alambres que debe tener un cable dependiendo de su número de capas con las que esta formado sobre un conductor central, está es:

$$\# \text{ de alambres} = 3X^2 + 3X + 1$$

Donde: X es el número de capas.

### **1.5.1 Cable de Cobre o de Aluminio con Cableado Concéntrico**

Se llama cable concéntrico al conductor acabado en una o más capas de alambre de cobre o aluminio, sobre un eje o núcleo central. Estas capas de alambre pueden ser trenzadas en forma de malla o cableados en forma helicoidal.

Dependiendo de la aplicación del cable se requiere que el conductor tenga una característica adicional de flexibilidad, la cual se logra con el tipo de temple y aumentando el número de alambres que lo forman.

Existen diferentes tipos de cables con cableado concéntricos como son:

- |              |                        |              |
|--------------|------------------------|--------------|
| a) Normal    | c) Combinado Alternado | e) Compacto  |
| b) Combinado | d) Comprimido          | f) Calabrote |

Atendiendo a su flexibilidad se clasifican como se muestra a continuación:

**Clase AA:** Conductor desnudo.

**Clase A:** Conductores que se aíslan con materiales resistentes a la intemperie y conductores desnudos de mayor flexibilidad que la requerida para la clase AA.

Clase B: Conductores que van a ser aislados con materiales varios, tales como termoplásticos, termofijos, papel, etc. y los conductores indicados bajo la clase A pero con mayor flexibilidad.

Clase C y D: Conductores de mayor flexibilidad que los requeridos para la clase B.

### 1.5.1.1 Cableado concéntrico normal

Los cables de cobre y/o aluminio con cableado concéntrico normal, están contruidos con una o más capas helicoidales de alambres de sección circular dispuestos sobre un núcleo central y todos de un mismo diámetro, ver figura 1.3.



Figura 1.3

Sus principales aplicaciones en cobre desnudo (en temple duro, semiduro y suave), son en líneas de transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica, especialmente en ambientes salobres (cerca del mar, esteros, etc.), y en sistemas de potencia.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para el caso del aluminio se emplean generalmente dos tipos de temples en el mercado, duro o suave. Por ejemplo para los cables AAC (All Aluminum Conductor), están formados por alambres de aluminio duro en capas concéntricas.

### **1.5.1.2 Cableado combinado**

La construcción de los cables de cobre con cableado combinado, consiste en tener los alambres de la capa exterior con un diámetro mayor que los de las capas internas.

### **1.5.1.3 Cableado combinado alternado**

La construcción de los cables de cobre cableado combinado alternado de 19 hilos consiste en tener en la capa exterior 6 alambres con un diámetro mayor o igual al de los 7 alambres centrales, alternados con 6 alambres de un diámetro menor y dispuesto en forma concéntrica. Esta capa debe tener la misma longitud de paso y sentido de cableado que la capa interna.

Por ejemplo, la construcción de los cables combinados alternados de 19 hilos de cobre suave recocido, debe cablearse en un sólo paso y debe contar con un alambre central recto y una capa interior de 6 alambres del mismo diámetro.

Teniendo la misma longitud de paso la capa exterior debe contar con 12 alambres, de los cuales 6 tendrán el mismo diámetro que el alambre central y deben alternarse con 6 más delgados cuyo tamaño sea de 0,732 veces el diámetro del alambre central; ésta capa debe tener la misma longitud de paso y el sentido de cableado que la interior.

#### **1.5.1.4 Cableado comprimido**

La construcción de los cables de cobre o aluminio con cableado concéntrico comprimido consiste en que una o más capas del conductor formado por 7 alambres o más, se comprime ligeramente, con el objeto de eliminar los espacios entre los alambres que forman el cable; con lo que se logra una disminución del diámetro del conductor, sin reducir el área del material, pero sí reduciendo la sección recta.

De esta manera, los cables terminados poseen menos diámetro exterior y, además, se disminuye también la posibilidad de escurrimiento del compuesto impregnable por el interior del conductor.

Como la sección ha sido reducida, es posible instalar un mayor número de conductores para un mismo diámetro de tubo conduit, ductos o charolas, etc., y esto tiene como resultado el ahorro en los espacios de las canalizaciones.

### **1.5.1.5 Cableado compacto**

La construcción de los cables de cobre o aluminio con cableado concéntrico compacto consiste en que una o más capas del conductor, se compactan a un diámetro exterior de 8% a 10%, abajo del diámetro del cable con cableado concéntrico normal con misma área de sección transversal nominal. Por lo que este conductor solo se encuentra con grado de flexibilidad clase B.

### **1.5.1.6 Cable tipo calabrote**

Se define por cable concéntrico tipo calabrote al formado con recubrimiento de estaño por cordones flexibles o por cables concéntricos de cobre suave.

Son adecuados para usarse en presencia de agentes químicos, aceites y en ambientes de uso rudo, como los existentes en plantas industriales, muelles y talleres de soldadura, para aplicaciones interiores o exteriores.

Su cubierta es resistente a la abrasión, a la flama, a la grasa, al impacto y a la humedad.

Es un cable compuesto basado en capas o torones, la capa interna del torón se conforma de alambres gruesos, y por último se hace un reunido concéntrico de torones.



El conductor combina un alto esfuerzo a la tensión mecánica con la flexibilidad del cableado. Esto evita la ruptura de los alambres durante la operación del cable.

Posee gran flexibilidad que le facilita las maniobras en equipos industriales móviles.

Se puede encontrar con cableados alternados, construido en cada una de sus capas por un paso de torcido con sentidos opuestos, esto con la finalidad de mantener el cable siempre unido sin importar los movimientos a que se someta.

#### **1.5.1.6.1 Cable concéntrico de cobre tipo calabrote formado por cables concéntricos**

Los cables tipo calabrote de cables concéntricos, figura 1.4, se clasifican de la siguiente manera.



**Figura 1.4**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Clase G Cables cuya construcción cubre la gama de 2,082 mm<sup>2</sup> de sección transversal (14 AWG), empleando 7 elementos cableados de 7 alambres cada uno, hasta 2534 mm<sup>2</sup> de sección transversal (5 000 KCM), empleando 61 elementos cableados de 19 alambres cada uno. Estos cables se aíslan normalmente con compuestos elastoméricos, los cuales deben tener gran flexibilidad.

Clase H Cable cuya construcción cubre la gama de 6,630 mm<sup>2</sup> de sección transversal (9 AWG), empleando 19 elementos cableados de 7 alambres cada uno, hasta 2 534mm<sup>2</sup> de sección transversal (5 000 KCM), empleando 91 elementos cableados de 19 alambres cada uno.

#### **1.5.1.6.2 Cable concéntrico de cobre tipo calabrote, formado por cordones flexibles**

Los cables tipo calabrote de cordones flexibles, se clasifican como se muestra a continuación:

Clase I Los que emplean alambres con diámetros nominales de 0,511mm (25 AWG), formando secciones transversales hasta de 1 013 mm<sup>2</sup> (2 000 KCM).

- Clase K Los que emplean alambres con diámetros nominales de 0,254mm (30 AWG), formando secciones transversales hasta de 506,7 mm<sup>2</sup> (1 000 KCM).
- Clase M Los que emplean alambres con diámetros nominales de 0,160 (34 AWG), formando secciones transversales de 506,7 mm<sup>2</sup> (1 000 KCM).

### 1.5.1.7 Tipo Coaxial

Es un cable constituido por dos conductores de cobre suave o aluminio, con un eje común, el conductor central es sólido (alambre), aislado con cloruro de polivinilo (PVC), ilustrado en la figura 1.5.

El conductor externo colocado sobre el aislamiento del conductor central está constituido por gran número de alambres finos trenzados en forma de malla o enrollados en hélice de pequeño paso de torcido. La cubierta exterior es polietileno negro resistente a la acción de la intemperie, de los rayos solares, y además, protege al conductor de la abrasión y el maltrato.

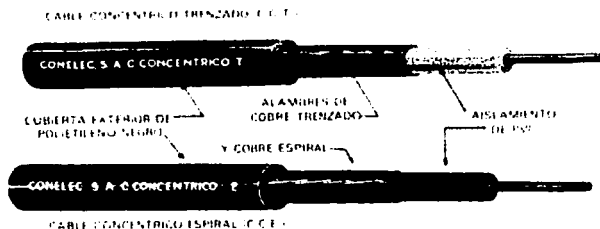


Figura 1.5

Generalmente se emplea en acometidas aéreas en baja tensión a medidores y salidas a los interruptores de los servicios. Alimentación o interconexión de cajas derivadoras, el conductor central se emplea como hilo de corriente y el conductor exterior se emplea como hilo neutro.

El diseño de estos cables tiene por objeto impedir posibles fraudes de energía, mediante derivaciones tomadas antes de la llegada al medidor, pues el conductor sólido no puede ser penetrado por instrumentos punzantes ni pueden hacerse conexiones en él sin vulnerar la cubierta exterior y romper el conductor externo.

El temple del conductor es suave, posee alta resistencia a la abrasión, incluso en zonas arboladas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **1.6 CORDÓN FLEXIBLE**

Los cordones flexibles están formados por un torcido sencillo de varios alambres de sección transversal relativamente pequeños, básicamente de cobre suave o electrolítico dispuestos en forma de haz en el aislamiento.

### **1.6.1 Cordones Flexibles de Cobre para Usos Eléctricos y Electrónicos**

La Norma Oficial NOM-063, clasifica a este tipo de cordones por el grado de flexibilidad para su construcción.

A la flexibilidad o clase de torcido depende principalmente del número de alambres reunidos, también del tipo de aislamiento, su cubierta protectora, su tensión eléctrica máxima y temperatura máxima permisible de operación para su utilización, son factores que marcarán la pauta para su clasificación general, y como punto de inicio se toma la siguiente tabla 1.4

Clase de Torcido	Designación del Conductor		Designación de Cada Alambre Componente	
	Área de la Sección Transversal Nominal mm <sup>2</sup>	Calibre AWG	Diámetro nominal mm	Calibre AWG
I	10,55 a 5,260	7 al 10	0,511	24
J	5,260 a 0,5191	10 al 20	0,320	28
K	5,260 a 0,3247	10 al 22	0,254	30
L	5,260 a 0,2051	10 al 24	0,203	32
M	2,082 a 0,1282	14 al 26	0,160	34
O	1,307 a 0,08042	16 al 28	0,127	36
P	1,307 a 0,05067	16 al 30	0,102	38
Q	0,8235 a 0,5191	16 al 20	0,079	40

**Tabla 1.4 Clasificación de los Cordones Flexibles por su Clase de Torcido**

### **1.6.2 Cordón Flexible Tipo SPT con Aislamiento Termoplástico de Policloruro de Vinilo, para Instalaciones hasta 300 V**

El cordón flexible tipo SPT está formado por dos o tres cordones de cobre suave. Aislados individualmente por un compuesto de policloruro de vinilo (PVC), resistente a la propagación del incendio, dispuestos en forma paralela y unida entre sí por medio de una membrana de este material, ilustrado en la figura 1.6.

Este tipo de cordón está diseñado especialmente para uso doméstico en aparatos eléctricos y electrónicos, por ejemplo: lámparas de pie, licuadoras, televisores, radios, etc.

Dado que requiere baja potencia eléctrica de consumo, lo constituye básicamente el tipo "SPT" (Simple Pair Termoplastic, se tiene un par simple termoplástico), para instalaciones hasta 300 V de c.a. y una temperatura máxima de operación 60°C. Resistente a la propagación del incendio, propia de su aislamiento.

Para su utilización se recomienda, no usarse en instalaciones ocultas en paredes, techos o pisos y deben conectarse a dispositivos y accesorios de manera que no transmita tensión mecánica a las terminales. Dependiendo de su calibre o construcción se clasifica de acuerdo a la tabla 1.5.

## Cordón Flexible paralelo, tipo SPT-1 y SPT-2



**Figura 1.6**

Tipo	Designación del Conductor		Construcción conductores paralelos
	Área de la Sección Transversal Nominal [mm <sup>2</sup> ]	Calibre AWG	
SPT-0	0,3247	22	2 ó 3
SPT-1	0,5191 y 0,8235	20 y 18	2 ó 3
SPT-2	0,8235 a 2,082	18 a 14	2 ó 3
SPT-3	0,8235 a 5,260	18 a 10	2 ó 3

**Tabla 1.5 Clasificación del Cordón Flexible Tipo SPT**

Una particularidad de este tipo de cordón es el "SMT", el cual es similar al "SPT", excepto que el "SMT" presenta una marca (Mark) de polaridad en su aislamiento a todo lo largo del conductor. Actualmente en nuestro país se le ha dado gran importancia en el diseño de las instalaciones eléctricas domésticas al uso e identificación de la polaridad en los accesorios eléctricos (principalmente en los contactos), para el servicio y seguridad del usuario. Podemos encontrar este conductor con otro nombre más comercial: Conductores Dúplex Con Aislamiento Termoplástico para Instalaciones hasta 600 V y 60°C, ver figura 1.7.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Por ejemplo el conductor dúplex (TWD), formado por dos conductores de cobre suave, aislado individualmente.

**ALAMBRES Y CABLES DUPLEX TIPO TWD**



**Figura 1.7**

Los conductores dúplex (TWD), según su aplicación, se clasifican en los siguientes tipos.

- Tipo A** Para uso en instalaciones domésticas, con aislamiento resistente a la propagación del incendio.
- Tipo B** Para uso en instalaciones domésticas visibles y acometidas aéreas, con aislamiento resistente a la propagación del incendio.

**1.6.3 Cordon Flexible Uso Rudo y Extra Rudo, hasta 600 V**

Los cordones flexibles de uso rudo y extra rudo se clasifican en función de su aislante, tensión y temperatura máxima de operación como se indica a continuación.

- TIPO SVT:** Cordón uso rudo con aislamiento y cubierta termoplástica, para operar a 300 V y temperaturas de 60 °C, 75 °C, 90 °C o 105 °C, para alimentaciones de aparatos electrodomésticos.
- TIPO SVO:** Cordón uso rudo con aislamiento y cubierta termofija, resistente al aceite, para operar a 300 V y 90 °C, para alimentación de aparatos electrodomésticos.
- TIPO SJT** Cordón uso rudo con cubierta y aislamiento termoplástico para operar a 300 V y temperaturas de 60°C, 75°C, 90°C o 105°C, para alimentación de aparatos electrodomésticos.
- TIPO SJO:** Cordón uso rudo con aislamiento y cubierta de termofijos, resistente a los aceites para operar a 300 V y 90 °C para alimentación de aparatos electrodomésticos.
- TIPO ST:** Cordón uso extra-rudo con aislamiento y cubierta termoplásticos, para operar a 600 V y temperaturas de 60°C, 75°C, 90°C o 105°C, para aplicaciones generales.
- TIPO SO:** Cordón uso extra-rudo con aislamiento y cubierta termofijo, resistente a los aceites para operar a 600 V y 90°C, para aplicación general.

Podemos considerar a los tipos de cordones SVT (ilustrado en la figura 1.8), SVO, SJT y SJO, para usos semi-industriales e incluso para instalaciones domésticas en exteriores, en equipos eléctricos tales como: Taladros, Esmeriles, Pulidoras, entre otros más.

CORDON PORTATIL, TIPO SVT

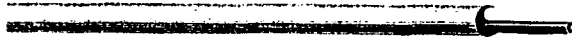


Figura 1.8

Estos requieren de una potencia eléctrica moderada pero sobre todo para condiciones severas de operación, tal es el caso del medio ambiente con agentes agresivos como son:

La humedad, los rayos ultravioleta y el trato rudo por parte del usuario se requiere que estos cordones estén protegidos con una cubierta adicional en su aislamiento.

Para los cordones del tipo ST y SO, ver figura 1.9 su principal aplicación es en la industria, en pequeños motores de herramientas y equipos portátiles, en talleres de mantenimiento y en donde existen condiciones severas de operación, superando las características anteriores para los cordones antes mencionados.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Figura 1.9

Debido a que en su utilización deben soportar más potencia, se les diseña para tolerar una tensión eléctrica de 600 V c.a., y su temperatura máxima dependerá del material de su cubierta protectora.

Para el aislamiento y la cubierta, deben utilizar materiales con la misma temperatura de operación a la cual se clasifica el cordón; sin embargo, se permite que los materiales tengan temperaturas diferentes en cuyo caso la clasificación del cordón debe ser con la temperatura de operación más baja.

## 1.7 CABLES DE CONTROL

Los cables multiconductores, se emplean para la operación e interconexión de dispositivos de protección y señalización, así como en aplicaciones generales de control. Su fabricación normal queda comprendida, de la sección transversal 0,5191 mm<sup>2</sup> (20 AWG), al 5,260 mm<sup>2</sup> (10 AWG), para una tensión de operación de 600 V y para una temperatura de operación máxima en el conductor de 90 °C.

## Cable Control Antiﬂama BH, tipo



Figura 1.10

### 1.7.1 Cables de Control con Aislamiento Termoplástico o Termofijo, para Tensiones de 600 y 1 000 V c.a. y Temperaturas de Operación en el Conductor Máxima de 75 y 90 °C

La Norma NOM-063 designa los cables de control en función de su aplicación, tensión y temperaturas de operación en el conductor máximo, por su comportamiento al fuego y por su emisión de humos, en grupos denominados I y II, dividiéndose éstos a su vez en tipos A, B, C y D.

Grupo I Los cables de control de este grupo se utilizan para la operación e interconexión de dispositivos de protección y señalización, así como en aplicaciones generales de control. La tensión de máxima de este grupo, es de 600 V.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Grupo II** Los cables de control de este grupo se emplean en circuitos donde se tengan dispositivos de conexión y desconexión que produzcan campos magnéticos intensos que a su vez puedan inducir sobretensiones. La tensión de operación máxima es de 1 000 V.

**Tipo A** Los cables de este tipo son designados para uso general y no satisfacen ninguna prueba de comportamiento o resistencia a la flama o al incendio. En su construcción, se utilizan el polietileno tanto en el aislamiento como en la cubierta protectora.

**Tipo B** Los cables de este tipo deben ser resistentes a la propagación de la flama. En su construcción, se utilizan aislamientos de policloruro de vinilo (PVC), polietileno (PE), polietileno de cadena cruzada (XLP) o etileno-propileno (EP) y cubiertas exteriores que pueden ser de policloruro de vinilo (PVC), policloropreno, polietileno clorosulfonado (CP) o polietileno clorado (CPE), pero de características tales, que en conjunto satisfagan el requisito de resistencia a la propagación de la flama.

**Tipo C** Los cables resistentes a la propagación de incendio. En su construcción se emplean materiales termoplásticos o termofijos similares a los señalados en el tipo B, pero de características tales que en conjunto, satisfagan el requisito de resistencia a la propagación de incendio.

**Tipo D** En este tipo se agrupan los cables resistentes a la propagación de incendios y baja emisión de humos. En su construcción se emplean materiales termoplásticos o termofijos resistentes a la propagación de incendio que sea de baja emisión de humo denso y baja emisión de gas ácido halogenado.

## **1.8 CABLES MULTICONDUCTORES DE ENERGÍA**

Los cables multiconductores, ver figura 1.11, son empleados para el suministro de energía eléctrica a baja tensión (600 V) y una temperatura de operación en el conductor máxima de 90 °C. Pueden ser de dos o más conductores y su fabricación normal queda comprendida de la sección transversal 8,367 mm<sup>2</sup> (8 AWG) al 506,7 mm<sup>2</sup> (1 000 KCM).

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



**Figura 1.11**

Los cables de energía de baja tensión de tres o más conductores, deben reunirse helicoidalmente. El sentido de las capas internas puede ser alternado o igual a la última que debe ser izquierdo.

Los cables de dos conductores pueden reunirse helicoidalmente, como se indicó en el párrafo anterior o también pueden estar en forma paralela, y cuando lleven uno para tierra física, también debe cumplir con las mismas características de aislamiento al igual que los demás conductores.

Pueden emplearse rellenos de material compatible del tipo no higroscópico, para dar una forma substancialmente circular a la sección transversal del cable terminado.



1.8.1 Cables Multiconductores para Distribución  
Aérea a Baja Tensión

Este tipo de conductores se clasifica de acuerdo a la siguiente tabla 1.6.

Construcción	Número de conductores aislados	Número de conductores desnudos o de soporte
1 + 1	1	1
2 + 1	2	1
3 + 1	3	1

Tabla 1.6 Clasificación de cables multiconductores

Los conductores aislados están formados por alambres o cables de cobre suave o aluminio duro. El cableado debe ser redondo, normal o compacto.

Los conductores desnudos o de soporte están formados por alguna de las siguientes construcciones:

- Alambre o cable de cobre semiduro.
- Alambre o cable de cobre duro.
- Cable de aluminio duro.
- Cable tipo ACSR.

**Nota:** En ningún caso se deben considerar combinaciones de conductores de cobre con conductores de aluminio

## 1.9 CABLE PORTAELECTRODO PARA SOLDADORAS ELÉCTRICAS

Se entiende por cable portaelectrodo para soldadoras eléctricas, al cable de un conductor de cobre suave en construcción flexible tipo calabrote de sección circular, con aislamiento y cubierta de material extruido, ver figura 1.12.

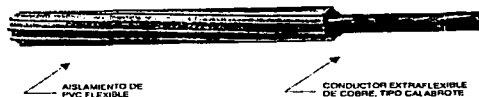


Figura 1.12

Estos cables se clasifican en tres tipos

- Tipo 1 Los aislados con materiales termoplásticos, policloruro de vinilo (PVC).
- Tipo 2 Los aislados con materiales termofijos elastómeros: policloropreno, polietileno clorado (CP) y polietileno clorosulfonado (CPE).
- Tipo 3 Los aislados con materiales termoplásticos del grupo elastomérico (TPE).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las temperaturas máximas de operación en los conductores aquí referidos, son las siguientes:

60°C PVC.

90°C CP y CPE.

75°C Policloropreno.

105°C TPE.

### **1.10 CABLES DE ALUMINIO CON CABLEADO CONCÉNTRICO Y ALMA DE ACERO (ACSR)**

Existen diferentes tipos de construcciones de cables ACSR, principalmente encontramos: concéntricos normal con construcción de aluminio duro y alma de acero galvanizado y concéntrico comprimido con construcción de aluminio duro con refuerzo de acero galvanizado y cableado comprimido.

El empleo de cables ACSR en líneas aéreas de transmisión permite claros interpostales mucho mayores que con el empleo de conductores de cobre, debido a su esfuerzo de acero, lo que supone un considerable ahorro de estructuras, aisladores y herrajes.

El conductor esta formado por un núcleo (alambre central) de acero galvanizado, y por alambres de aluminio duro en capas concéntricas. Posee gran resistencia a la tensión mecánica y se encuentra generalmente con 7, 26, 37, 45 y 54 hilos incluyendo los de acero (1, 17, 19).

Se emplean generalmente en líneas aéreas de transmisión y redes aéreas de distribución primaria y subestaciones. Esta limitado a zonas que no poseen un medio ambiente salobre, pues los efectos de la corrosión electroquímica entre los hilos de acero y el aluminio los destruye rápidamente.

### **1.11 CLASIFICACIÓN DE AISLAMIENTOS PARA LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

Termoplásticos { Polietileno.  
Policloruro de Vinilo (PVC).  
Polipropileno.  
Nylon.

Termofijos

Hule Natural.  
Estireno – Butadieno (SBR).  
Hules sintéticos Butilo.  
Policloroprenos (Neopreno).  
Etileno – Propileno (EPR).  
Polietilenos Sulfoclorados (CP).  
Polietilenos Vulcanizados ( XLP).  
Polietileno Clorado (CPE).

## **1.12 CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLAMIENTOS DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

Ante la gran diversidad de aplicaciones de los conductores eléctricos y su gran demanda, se han venido desarrollando una inmensa cantidad de aislamientos. Teniendo primordial interés aquellas características que le permitan soportar altas temperaturas de operación en condiciones severas de trabajo a la intemperie o en canalización, además, se busca que tenga un enorme factor disruptivo, para que pueda soportar satisfactoriamente la diferencia de potencial al que se someterán sus conductores eléctricos.

Dichas propiedades son fáciles de reunir en los alambres, cables, o cordones flexibles, porque simplemente dependerán de su utilización, es decir, del tipo de aplicación a la que estarán expuestos.

No solo las cuestiones técnicas y las investigaciones sobre materiales aislantes son los únicos factores que delimitan la utilización del aislamiento. También su mercadotecnia es de suma importancia, y por ello su enorme variedad en los productos terminados analizados, que sean redituables para su fabricación, que sean competitivos en el mercado nacional y extranjero y que por sobre todas las cosas brinden un servicio confiable y seguro a todo usuario.

La Norma Oficial NOM-001 vigente, clasifica a los conductores por su tipo de aislamiento y por su tensión máxima de operación.

Por tensión existen 6 clases generales: 600 V, 1 000 V, 3 000 V, 4 000 V, y 5 000 V c.a. Y para el tipo de aislamiento usado se le asigna algunas siglas en la que cada tipo tiene una letra inicial correspondiente a la palabra en inglés.

Básicamente se tienen cinco letras. Tres para el tipo de aislamiento y dos para sus características principales, las cuales son:

“R” (Rubber)	Para materiales termofijos como el hule sintético.
“T” (Termoplásticos)	Para los materiales termoplásticos como el policloruro de vinilo.
“N” (Nylon)	Este material termoplástico del grupo de las poliamidas es utilizado como aislante de recubrimiento adicional (cubiertas protectoras).
“H” (Hot)	Para aquellos materiales resistentes al calor o mejor dicho, es técnicamente resistente a los sobrecalentamientos por la temperatura ambiente y/o sobrecargas eléctricas.
“W” (Bad Weather)	Para aquellos materiales resistentes a la intemperie o los ambientes agresivos.

Por lo tanto, los aislantes utilizados en los conductores eléctricos en baja tensión (menores a 1 000 V c.a.), los podemos clasificar en dos grandes bloques. Los de construcción termoplástico y termofijo.

### **1.12.1 Aislantes Termoplásticos**

Actualmente los aislamientos termoplásticos cubren rangos de tensión hasta 25 KV.

En nuestro país la máxima tensión de distribución secundaria es de 13,2 KV por lo que los aislantes plásticos pueden cubrir satisfactoriamente todas las necesidades industriales en cuanto a tensión de operación, corriente por transmitir y condiciones ambientales.

Los termoplásticos son aquellos que requieren la intervención del calor para ablandarlos y darles la forma deseada. Teóricamente no sufren ningún cambio químico durante su proceso y para alcanzar sus características finales de uso lo único que se requiere es enfriarlos a la temperatura ambiente.

De los termoplásticos usados como aislamiento, los más conocidos son el polietileno y el policloruro de vinilo (PVC), y de reciente aplicación eléctrica como recubrimiento de conductores el polipropileno y el nailon.

Estos termoplásticos constituyen, tres grupos básicos que parten del etileno, los que parten del policloruro de vinilo y los que parten de otros materiales.



La clasificación de polietilenos, en cuanto a su densidad, ver tabla 1.7, se ha establecido comercialmente según los siguientes valores:

DENSIDAD	PESO ESPECÍFICO ( gr / cm <sup>3</sup> )
Baja	0,910 a 0,925
Normal	0,926 a 0,941
Alta	0,942 a 1,020

Tabla 1.7

Estas consideraciones indican que un polietileno de alta densidad (gran compactación) tiene como propiedades sobresalientes, una alta impermeabilidad a los gases, a la humedad, alta rigidez y dureza.

El policloruro de vinilo (PVC), resina que en su formulación el plastificante juega un papel muy importante por ser el factor que determina la rigidez o flexibilidad del material. Así por ejemplo, para obtener flexibilidad a bajas temperaturas se usan los sebacatos como plastificantes o también cuando se requiere un PVC de características muy especiales se pueden mezclar varios plastificantes.

En general se puede decir que una baja proporción de plastificante da como resultado plásticos más duros y tenaces, más frágiles a bajas temperaturas, pero con alta resistencia a la presión en caliente y buena resistencia volumétrica.

Por otro lado, una alta proporción de plastificante produce plásticos más flexibles, menos frágiles a baja temperatura, con resistencia a la presión en caliente menos buena y de características eléctricas menos elevadas.

El polipropileno es el más ligero de los plásticos comerciales, su punto de fusión (168 °C a 171 °C) le da excelente resistencia térmica.

En general el polipropileno tiene excelente resistencia a los disolventes, grasas, aceites, ácidos, álcalis y otros muchos productos químicos. Pero no es resistente a la gasolina, presenta un hinchamiento, pierde peso hasta en un 5% y disminuye hasta un 50% su esfuerzo de ruptura.

Por último tenemos el nailon. Este aislante tiene buena resistencia a la tensión mecánica, al choque térmico y resiste un incremento considerable al calor, y en general, los solventes que atacan y perjudican el nailon son los fenoles y los ácidos fórmicos, es lentamente atacado por los ácidos minerales y agentes oxidantes; por lo que su mayor ventaja en cuanto a su resistencia química se refiere la presenta en los aceites, grasas, y en la corrosión electrolítica.

### **1.12.2 Aislantes Termofijos**

Los aislantes agrupados bajo el nombre de termofijos están constituidos por materiales que se caracterizan porque mediante un proceso de vulcanización, se hace desaparecer su plasticidad y se aumenta la elasticidad y la consistencia mecánica.

Estos aislamientos se aplican generalmente por extrusión y se someten después a un proceso de vulcanización elevando la temperatura a los valores requeridos.

A diferencia de los termoplásticos los termofijos originalmente fluidos, requieren la intervención del calor una vez aplicados para provocar y acelerar la reacción química que les impartirá las características de uso final.

Los aislantes termofijos que se utilizan más extensamente son los hules naturales y los sintéticos, conocidos con el nombre genérico de elastómeros y más recientemente, algunos derivados del polietileno.

El hule natural que se obtiene del látex de un árbol tropical originario del Brasil y el papel fueron los primeros materiales usados para el aislamiento de cables.

Para utilizarlo como aislante se mezcla con otras substancias: plastificantes, agentes de vulcanización (1% a 2% de azufre) y modificadores y se vulcaniza. Su temperatura de operación es del orden de 60 °C.

El hule natural vulcanizado se emplea mucho en baja tensión y con menos frecuencia para tensiones más elevadas, hasta 25 KV. Actualmente ha sido desplazado por cables de aislamiento sintético.

Los hules sintéticos más utilizados como aislamiento son el estireno-butadieno, conocido comercialmente con las iniciales "SBR" (Styrene Butadiene Rubber) se desarrollo durante la segunda guerra mundial para hacer frente al problema de la escasez de hule natural.

Sus cualidades eléctricas y mecánicas son similares, aunque ligeramente inferiores a las del hule natural en cambio sus cualidades de resistencia a los agentes químicos y al envejecimiento son superiores. Por sus características y su bajo precio se ha utilizado principalmente en el aislamiento de cables de baja tensión.

El butilo es un hule sintético cuya propiedad principal es poder trabajar a temperaturas más elevadas que el hule natural.

Su temperatura de operación es de 85°C, también ofrece una mayor resistencia a la ionización lo que permite usarlo para tensiones más altas, una gran flexibilidad y resistencia a la humedad.

Aunque la materia prima para este tipo de aislante es barata, su proceso de fabricación es muy costoso por lo que el precio del producto final es elevado. Tiene aplicaciones en cables de corta longitud para aplicaciones especiales.

El neopreno que es el nombre comercial del policloropreno, es un hule sintético de bajas propiedades dieléctricas pero superior a los elastómeros en lo que respecta a la resistencia a los aceites, a la flama, a la abrasión y a la intemperie.

Puede trabajar a temperaturas del orden de 90 °C, por esta razón y por su gran flexibilidad se usa principalmente en forros o cubiertas de cables aislados con otros elastómeros.

El etileno-propileno, conocido comercialmente con las iniciales "EPR" (Ethylene Propylene Rubber), es un hule sintético de desarrollo reciente, que tiene propiedades dieléctricas próximas a las del polietileno pero mayor resistencia a la ionización y una temperatura de operación del orden de 90 °C.

Los cables aislados con etileno - propileno se aplican especialmente a circuitos de alta tensión en instalaciones industriales.

Actualmente se fabrican cables con aislamientos para tensiones de hasta 60 000 V entre fases.

El otro grupo de aislantes termofijos está constituido por productos derivados del polietileno.

El polietileno sulfoclorado se obtiene sometiendo el polietileno a la acción simultánea del cloro y del anhídrido sulfuroso; se obtiene un producto que, después de vulcanizado tiene gran resistencia a los agentes químicos y al ozono. Sus propiedades eléctricas son intermedias entre las del hule natural y el neopreno y puede trabajar a temperaturas más altas.

El polietileno vulcanizado, también llamado polietileno de cadena cruzada "XLP", se obtiene mediante la adicción de un peróxido que a la temperatura elevada del proceso de vulcanización reacciona con el polietileno, produciendo la liga de las cadenas moleculares del polietileno.

Con esto se logra mejorar considerablemente las propiedades térmicas del polietileno sin afectar apreciablemente sus propiedades eléctricas. El polietileno vulcanizado puede trabajar en forma continua a 90 °C. En cambio la vulcanización aumenta la rigidez del polietileno y esa pérdida de flexibilidad dificulta el manejo del cable.

En 1980 se anunció la puesta en servicio de cables aislados con polietileno reticulado para tensiones de 245 KV y 275 KV, en varios países.

## **CAPÍTULO 2**

# **NORMALIZACIÓN APLICABLE A CONDUCTORES ELÉCTRICOS**





## **2.1 ASOCIACIÓN NACIONAL DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO AC. ANCE**

La Ley Federal de Metrología y Normalización, público en 1992, el Gobierno Mexicano faculta a instituciones privadas para desarrollar actividades de Normalización, Certificación, Verificación, Calibración y Pruebas.

Ante esta opción, 32 industrias del sector eléctrico, preocupadas por fomentar la calidad y la competitividad de los productos nacionales, deciden conjuntar esfuerzos para formar una Asociación sin fines de lucro, de ámbito nacional y de personalidad jurídica propia; El 21 de diciembre de 1992 se constituye legalmente la **Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico A.C. ANCE**.

La Asociación sigue los lineamientos establecidos por la Ley mencionada, el primer paso fue crear un Consejo Directivo integrado de manera equilibrado por representantes de nivel nacional de fabricantes, distribuidores, comercializadores, prestadores de servicios, consumidores, instituciones de educación superior, así como las dependencias y entidades competentes, involucradas directa o indirectamente con el Sector Eléctrico, lo que permite a ANCE actuar con transparencia, imparcialidad, objetividad, credibilidad y profesionalismo, siendo éstos los aspectos fundamentales para la realización de las actividades de Normalización, Certificación y Verificación.

### **2.1.1 Política de la Calidad de ANCE.**

El objetivo de ANCE es el de contribuir con el fortalecimiento del Sistema Nacional de Normalización y Evaluación de la Conformidad, así como aumentar la seguridad y competitividad de los productos electrodomésticos, eléctricos y aparatos de gas.

ANCE realiza:

- Normas Mexicanas de carácter voluntario (NMX-ANCE).
- Pruebas de laboratorio.
- Certifica el cumplimiento de productos con Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y la conformidad con Normas Mexicanas (NMX).
- Certifica sistemas de aseguramiento de calidad conforme a la serie de Normas Mexicanas NMX-CC/ISO 9000 y verificando el cumplimiento con Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas.
- Concede marcas de certificación que permiten la diferenciación de los productos en el mercado tanto nacional como extranjero.

Es política de la calidad de ANCE ser permanentemente la mejor opción para clientes internos y externos en todas las actividades relacionadas con ésta asociación y anticiparse a sus expectativas y necesidades.

Para lograr esta política se ha implantado un sistema de calidad acorde a la normativa mexicana y a las guías internacionales de acreditación y certificación vigentes aplicables.

Asimismo y con objeto de que el personal de ANCE y sus órganos colegiados tengan el compromiso y los conocimientos suficientes para comportarse y actuar conforme a lo estipulado en el manual de calidad, ANCE ha desarrollado un Programa de Cultura Organizacional.

La Dirección General, convencida de que los resultados de una Política de Calidad se derivan de un compromiso permanente, ha establecido un liderazgo efectivo basado en la comunicación y el trabajo en equipo, que nos permite lograr la satisfacción de clientes internos y externos.

## **2.2 DESARROLLO DE ANCE**

A continuación se muestran las principales etapas del desarrollo de la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico A.C.

### **2.2.1 Organismo de Certificación de Producto.**

Para cubrir las necesidades primordiales del sector eléctrico, ANCE se desarrolla en primera instancia como Organismo de Certificación de Producto en México.

Lo anterior fue evaluado con base en la Norma Mexicana NMX-EC-065-IMNC-2000 "Criterios Generales para los Organismos de Certificación de Productos".

Con lo cual ANCE ofrece a las autoridades, usuarios, compradores y consumidores, una evidencia imparcial, objetiva y confiable, de que los productos certificados por la Asociación cumplen con los requisitos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) y Normas Extranjeras.

ANCE, ha desarrollado modelos de certificación acordes a las necesidades de los clientes y conforme a las "políticas y procedimientos para la evaluación de la conformidad".

ANCE, integra Comités Técnicos de Certificación, los cuales tienen a su cargo el desarrollo y aprobación de las reglas y procedimientos particulares de certificación. Estos comités se integran por expertos de las diferentes áreas de la ciencia y la tecnología, que representan a los sectores que conforman a la sociedad, tales como:

- Sector industrial.
- Comercial.
- Público consumidor.
- Educativo y de investigación.

Dichos Comités funcionan como los Órganos Colegiados responsables que se presentan durante el proceso de certificación.

Aunado a lo anterior y con objeto de obtener la mayor confiabilidad durante el proceso de certificación, ANCE ha adoptado como política, el subcontratar a laboratorios de pruebas que cuenten con la acreditación otorgada por EMA, o en su defecto, cumplan con la normativa nacional correspondiente y la aprobación vigente de las Dependencias Oficiales que son:

- Dirección General de Normas (DGN).
- Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS).
- Secretaría de Energía (SE).
- Consejo Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y la acreditación otorgada por la Entidad Mexicana de Acreditación, (EMA).

Por lo anterior, una vez que la muestra representativa del producto ha sido probada en un Laboratorio de las características mencionadas, la ANCE analiza los resultados y de ser aceptados se procede a emitir el Certificado con el cual se obtiene el derecho a ostentar la marca NOM-ANCE, que significa que se ha demostrado el cumplimiento con Normas Oficiales Mexicanas, o la marca ANCE, para la conformidad con Normas Mexicanas.

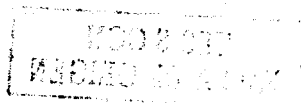
Cuando al titular de la certificación se le concede el uso de la marca, queda sujeto a visitas de seguimiento por parte de especialistas de ANCE, en las que se verifica que el producto certificado continúa cumpliendo con las especificaciones establecidas en la(s) Norma(s) correspondiente.

La acreditación con que cuenta actualmente ANCE, ampara la certificación de productos de fabricación nacional y de importación de acuerdo a Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX).

#### **2.2.1.1 Beneficios de la certificación con ANCE.**

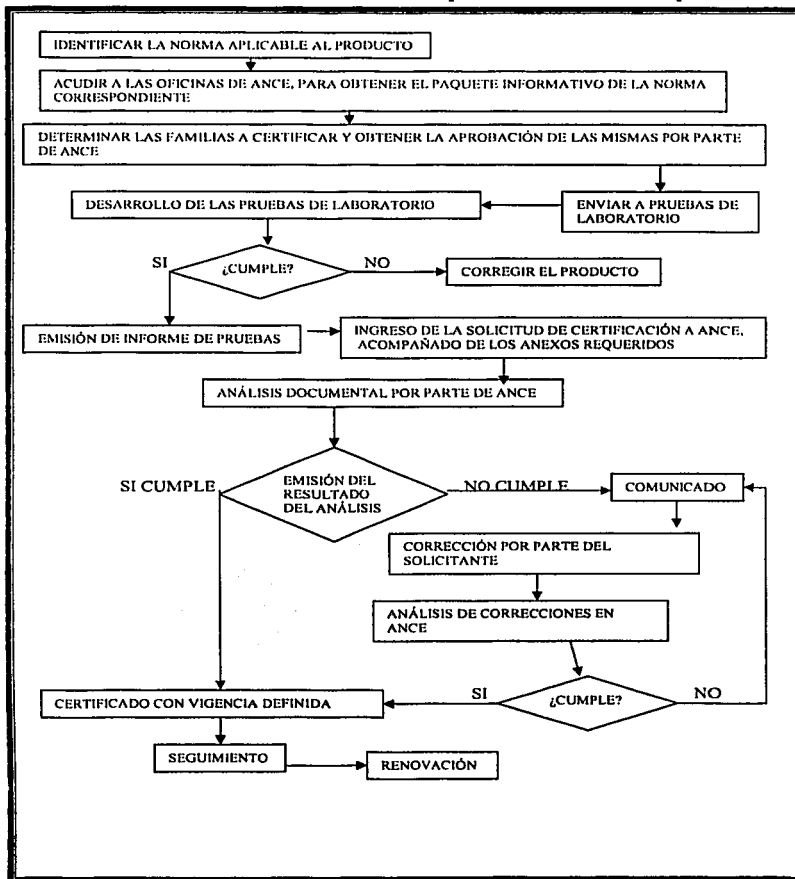
Al tener acceso al servicio que ofrece el Organismo de Certificación de Sistemas en ANCE, obtiene entre otros beneficios:

- **Servicios de Certificación Conjunta con Organismos Extranjeros, que ofrece obtener dos Certificaciones en un sólo proceso de evaluación.**
- **El Certificado, que otorgan los organismos que pertenecen a la Red Internacional de Organismos de Certificación con reconocimiento en el ámbito internacional en más de 30 países.**
- **Tres años de Certificación.**
- **Auditorias de seguimiento Anuales.**
- **Personal calificado, de acuerdo a los lineamientos de las normas ISO-10011.**
- **Auditorias e informes en Español.**
- **Cotizaciones y pago en Moneda Nacional.**
- **Certificación de Producto. En algunas modalidades se obtiene una vigencia mayor cuando su sistema de calidad pasó por un Organismo Acreditado.**
- **Reducción de los Costos, al interactuar equipos conjuntos, disminución en pruebas de laboratorio, entre otras.**





## 2.2.1.2 Procedimiento para certificar un producto



### **2.2.2 Organismo Nacional de Normalización.**

Una vez acreditada la primera etapa, el Consejo Directivo decidió iniciar las actividades tendientes a lograr que ANCE fuera también el Organismo Nacional de Normalización (ONN) del "Sector Eléctrico y de Aparatos Domésticos" e "Instalaciones Eléctricas, Sistemas de Canalizaciones y de Soportes para Cables", obteniendo la acreditación de la DGN, el día 8 de abril de 1994.

ANCE, en su carácter de Organismo Nacional de Normalización y a través de su División de Normalización, apoya las actividades de desarrollo y revisión de Normas Mexicanas Voluntarias requeridas por el Sector Eléctrico Nacional. Para esto, ANCE cuenta con la colaboración de los Comités y Subcomités de Normalización de Producto Integrado por representantes de los sectores manufactureros, investigación y educación, consumidores, servicios, etc. De igual forma, colabora estrechamente con entidades gubernamentales en la elaboración y revisión de Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Eficiencia Energética, entre otras que involucran al sector.

A nivel regional, ANCE participa de la mano del sector manufacturero nacional, como ente facilitador para el desarrollo de normas trinacionales (México, Estados Unidos y Canadá) por medio del Consejo de Armonización de Normas Electrotécnicas de las Naciones de las Américas (CANENA).

En el ámbito internacional, ANCE apoya la participación de diversos Comités Técnicos de Normalización del Sector Eléctrico de México, en lo correspondiente a los Comités de Normalización dentro de la Comisión Electrotécnica Internacional - CEI - (IEC por sus siglas en inglés), nuestro país es miembro de la misma, a través del Comité Electrotécnico Mexicano (CEM). Con ello se logra la inclusión dentro de las Normas Electrotécnicas Internacionales de requisitos técnicos mínimos que permitan a las manufactureras nacionales competir en igualdad de circunstancias con sus similares en cualquier parte del mundo.

### **2.2.3 Servicio de Laboratorio de Pruebas.**

En un mundo cada vez más orientado a la calidad es inconcebible la producción industrial sin la normalización y por consecuencia, la certificación que asegure que el producto cumple con las normas establecidas, es decir, que se trate de un producto de calidad. Esta tiene dos componentes como base fundamental la seguridad y como complementos importantes la funcionalidad, durabilidad, facilidad de operación, mantenimiento y estética.

Con la finalidad de ofrecer en un sólo organismo las actividades fundamentales del nuevo concepto de "Calidad", la ANCE decidió incursionar en el desarrollo de un laboratorio de prueba a disposición del Sector Eléctrico y de Aparatos Domésticos Nacionales e Internacionales.

Como tercera etapa, ANCE, en un convenio de coinvertión con **Underwriters Laboratories Inc. (UL)** y su valioso apoyo y asistencia, desarrolla un Laboratorio de Pruebas, el cual fue acreditado por la DGN el 14 de noviembre de 1994.

Actualmente ANCE como Laboratorio de Pruebas, cuenta con la acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) para realizar las pruebas de laboratorio en Normas Oficiales Mexicanas referente a seguridad y eficiencia energética, y en Normas Mexicanas, que cubren productos como electrodomésticos, luminarias, refrigeradores, lavadoras, balastos, artefactos eléctricos y motores entre otros.

Por lo anterior, los informes de pruebas de laboratorio de ANCE son válidos para obtener la Certificación del Producto.

El 29 de septiembre de 1997 ANCE firma un acuerdo con Underwriters Laboratories Inc UL, para el reconocimiento mutuo de los resultados de pruebas en equipos electrónicos de telecomunicaciones, de conformidad con la Norma UL-1950 y las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001 y NOM-016 vigentes.

A la fecha, ANCE como laboratorio de pruebas ha celebrado convenios de reconocimiento de facultades de inspección con CSA Standards y ha cumplido en el campo de aplicación de convenio con UL a Normas Eléctricas.

#### **2.2.4 Servicios de Verificación.**

La cuarta etapa de ANCE, la Unidad de Verificación acreditada por EMA y aprobada por la SECOM (antes SECOFI).

Esta fue creada para la verificación del producto de las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas. Posteriormente, dada la gran diversidad de productos nacionales e importados que aplican a las diferentes Normas Mexicanas, siendo exigido su cumplimiento tanto al ingreso a territorio nacional como en el punto de venta, se logra la ampliación de la acreditación en normas de Información Comercial.

##### **2.2.4.1 Información que requieren los productos para su comercialización en México.**

ANCE cuenta con la acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y la aprobación de la DGN/SECOM, como unidad de verificación de producto en la NOM-003 SCFI-1993, NMX-J.508-1994-ANCE y de Información Comercial, en las normas NOM-050-SCFI-1994, NOM-024-SCFI-1998 y NOM-051-SCFI-1994.

Para demostrar el cumplimiento con las Normas Oficiales Mexicanas de información comercial, ANCE ofrece los servicios de verificación en dos modalidades:

- a) **Constancia de Conformidad** Documento que ampara el etiquetado de origen de productos importados o de fabricación nacional, que cumplen con la Norma Oficial Mexicana establecida y es de vigencia indefinida.
- b) **Dictamen de Cumplimiento** Documento que libera al importador de sus compromisos ante Aduanas y otorga la facilidad de etiquetar el producto en su almacén o bodega y avala el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

ANCE es miembro activo del subcomité de evaluación de unidades de verificación de información comercial y comité de unidades de verificación.

### **2.2.5 Certificación de Sistemas de Calidad.**

Todos estamos de acuerdo en la importancia del término calidad, alcanzarla significa que las cosas se han hecho bien en tiempo, contenido y en repercusión a los demás y hacia el medio ambiente.

En las últimas décadas han surgido una serie de mecanismos como la certificación, elemento indispensable en el aseguramiento de la calidad, cuyo objetivo es garantizar a los compradores, usuarios y consumidores la calidad, la seguridad de los productos y servicios. No es casualidad que los países más industrializados sean los que tienen más desarrollada esta actividad.

La certificación es la acción de constatar en forma confiable que un producto, proceso o servicio cumple con una norma específica u otro documento normativo y la realizan organismos independientes acreditados para ello. Dentro de ésta actividad, se encuentra la certificación en sistemas de calidad con base en normas de referencia.

Se entiende por sistema de calidad, a la estructura orgánica, las responsabilidades, los procedimientos y los recursos necesarios para implantar la administración de ésta, es decir, que se incluyen las actividades necesarias para proporcionar la confianza de que se cumplirán todos los requisitos que establece dicho sistema.

Un sistema de calidad considera las interacciones humanas como una parte decisiva, por lo que desarrolla las habilidades y aptitudes del personal y lo motiva para mejorar y satisfacer las expectativas del cliente con relación a la imagen, ética y desempeño de la organización.

Las que han tenido mayor aceptación internacional son las Normas ISO 9000, equivalentes a las normas NMX-CC, que son útiles para demostrar la capacidad de la empresa para controlar sus procesos desde el diseño hasta el servicio posventa.

Con el propósito de brindar un "Servicio Integral" en materia de certificación, ANCE amplía sus servicios en certificación de sistemas de calidad, basados en las Normas Mexicanas NMZ-CC, equivalentes a las Normas Internacionales ISO 9 000.

ANCE, al contar con la acreditación otorgada por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), emite certificados de sistemas de calidad con reconocimiento oficial en México.

Asimismo, ANCE ha establecido acuerdos de colaboración con Organismos Extranjeros, ofreciendo a las empresas, mediante servicios de auditoria conjunta, una amplia gama de beneficios entre los que se encuentran:

1. Obtener dos certificados en un sólo proceso de evaluación.
2. Apertura a mercados internacionales.
3. En el caso de Organismos que pertenezcan a la red Quinte (The International Certification Network), otorga el certificado que le da acceso a más de 30 Organismos diferentes a Nivel Internacional.
4. Cotizaciones en moneda nacional.



5. **Certificación con Reconocimiento Oficial de las Entidades de Acreditación del país sede de cada Organismo.**
6. **La disminución de los costos del proceso de certificación.**
7. **Toda la gestión de trámites y seguimiento es directamente con ANCE.**
8. **Contar con un sólo proveedor de servicio de certificación (Productos y sistemas) y normalización.**

Para facilitar a los clientes el acceso de sus productos a mercados internacionales, ANCE ha establecido convenios con organismos de certificación extranjeros en materia de certificación de sistemas de calidad, como es el caso de la Asociación Española de Normalización (AENOR), el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT), The Canadian Standards Association Quality Management Institute (QMI), el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) y el Laboratorio General de Sistemas (LGAI).

El proceso de certificación de sistemas de la calidad que ofrece ANCE, incluye las siguientes etapas:

- **Análisis y evaluación documental (opcional).**
- **Visita previa o preauditoria (opcional).**
- **Auditoria de certificación.**

- Evaluación y dictamen sobre la certificación.
- Otorgamiento del certificado (en su caso).
- Seguimiento a la certificación.

Algunas de las ventajas de certificar el sistema de calidad con ANCE son:

- Personal capacitado y calificado para efectuar auditorías de la calidad.
- Si se certifica el producto con ANCE, puede acogerse a las modalidades de certificación de producto, con lo cual los requisitos para certificar productos se reducen, con consecuente reducción de costo.
- Mismo idioma y entendimiento del entorno que el de los empresarios mexicanos.

### **2.2.6 Servicios Internacionales.**

Recientemente ANCE ha implementado el área de servicios internacionales para dar asistencia a sus clientes y asociados, de cómo utilizar los diferentes acuerdos de reconocimiento mutuo.

A través de este departamento, ANCE continúa dando a sus clientes la mejor opción para manejar y conocer acuerdos como los que tiene con el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (UNIT), Canadian Standards Association (CSA Standards) y Underwriters Laboratories.

Esta nueva área ofrece el servicio de asistencia para la obtención de cualquier marca nacional, de otro país o marca internacional.

### **2.3 EL CONANCE**

Anteriormente, la Normalización del sector Eléctrico y de Aparatos Domésticos, se llevaba a cabo por medio de Comités Técnicos Nacionales de Normalización de la Industria Eléctrica (COTNNIE) y de Aparatos Domésticos (COTNNAD), que eran coordinados por la Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (conocida como SECOFI).

Una vez que ANCE inicia las actividades tendientes a constituirse como Organismo Nacional de Normalización, reconociendo la capacidad de los comités existentes en el país y con la finalidad de aprovechar la experiencia y la estructura de ellos, se invita al COTNNIE, cuya trayectoria iniciaría en 1965, y al COTNNAD, a conformar el Comité de Normalización de la ANCE (CONANCE). Desarrollándose en esta, las actividades normativas constituida por representantes de todos los sectores involucrados directa o indirectamente con el Sector Eléctrico y de Aparatos Domésticos.

Asimismo, el CONANCE apoya dentro de lo posible, a la Asociación Nacional de Normalización y certificación del Sector Eléctrico (ANCE), en materia de armonización de Normas, frente a los socios comerciales de nuestro país, teniendo siempre a la Normativa Internacional.

El CONANCE opera bajo la estructura de presidencia, vicepresidencia, secretaría ejecutiva, Coordinadores de Comités Técnicos, actualmente se encuentra integrado por los sectores Industrial, Comercial, Consumidor, Administración Pública, Educación Superior e Investigación, así como por Colegios y Asociaciones de Profesionistas y Usuarios, entre otros.

El CONANCE elabora las Normas Mexicanas ANCE a través de Comités Técnicos de Normalización específicos, que a continuación se detallan, en los cuales profesionales de cada área vierten sus conocimientos y experiencias con el fin de desarrollar documentos confiables, sirviendo como referencia para determinar su calidad, seguridad y/o funcionamiento.

## **CT 20 CONDUCTORES**

- CT AM Alambre magneto.
- SC 20A Alta tensión.
- SC 20B Baja tensión.
- SC 20D Conectores.
- SC 20E Accesorios para conductores eléctricos aislados de energía.

## **CT 14 TRANSFORMADORES**

- SC 14 A Distribución y potencia.
- SC 14 B Aceites.

## **CT 28 COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO**

- SC 28 A Coordinación de aislamiento
- SC 28 B Técnicas de prueba en alta tensión.

**CT 32 FUSIBLES**

SC 32 A Alta tensión.

SC 32 B Baja tensión.

**CT 64 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

**CT 34 ILUMINACIÓN**

SC 34 A Lámparas.

SC 34 B Portalámparas.

SC 34 C Balastros.

SC 34 D Luminarios.

**CT 61 SEGURIDAD EN APARATOS  
ELECTRODOMÉSTICOS Y SIMILARES**

SC 61 A Enseres mayores.

SC 61 B Enseres menores.

SC 61 D Aire acondicionado.

SC 61 F Herramientas eléctricas portátiles

SC PB Pilas y baterías.

ESTA TESIS NO SE PUEDE  
REPRODUCIR SIN EL CONSENTIMIENTO  
DE LA UNIVERSIDAD DE CALI

**CT                    GENERACIÓN TRANSMISIÓN Y  
DISTRIBUCIÓN (GTD)**

- SC GTD-A    Corta circuitos fusibles
- SC GTD-B    Sistemas de control de centrales generadoras.
- SC GTD-C    Aisladores.
- SC GTD-D    Apartarrayos.
- SC GTD-E    Capacitores.
- SC GTD-F    Cuchillas y desconectores.
- SC GTD-G    Restauradores y seccionadores.
- SC GTD-H    Interruptores de potencia.

**CT                    CONTROL Y DISTRIBUCIÓN INDUSTRIAL  
(CDI)**

- SC CDI-A    Reglas generales.
- SC CDI-B    Arrancadores y contactores.
- SC CDI-C    Centros de control de motores.
- SC CDI-D    Envoltentes para equipo eléctrico.
- SC CDI-E    Desconectores.
- SC CDI-F    Interruptores automáticos.
- SC CDI-G    Tableros de baja tensión.
- SC CDI-H    Reguladores de tensión.
- GT            Controladores MT.

**CT PRODUCTOS Y ACCESORIOS PARA  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS (PIE)**

SC PIE-A	Cajas registros
SC PIE-B	Áreas peligrosas
SC PIE-C	Tubo para la protección de conductores eléctricos
SC PIE-D	Soporte tipo charola para cables
SC PIE-E	Interruptores de circuito por falla a tierra
SC PIE-F	Receptáculos y clavijas
SC PIE-G	Máquinas rotatorias
SC PIE-H	Pararrayos
SC PIE-I	Ductos
SC PIE-J	Extensiones
GT	Artefactos eléctricos

**2.3.1 Procedimiento de Elaboración y Expedición de las Normas ANCE.**

Las Normas ANCE, son Normas Mexicanas de carácter voluntario que emite la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico, A.C. elaboradas y aprobadas en el seno del CONANCE, bajo el siguiente procedimiento.

Las únicas normas que puede emitir ANCE son las correspondientes a los proyectos que son conforme a los procedimientos de normalización de la misma asociación.



Una vez que el CONANCE aprueba el proyecto de Norma Mexicana ANCE, la Gerencia de Normalización publica un aviso en el Diario Oficial de la Federación, informando de su emisión para iniciar la etapa de comentario público durante 60 días naturales. Las observaciones se reciben en la gerencia de Normalización, misma que las turna al CT respectivo, que las analiza y de proceder realiza las modificaciones correspondientes.

La Gerencia de Normalización remite el proyecto final al presidente del CONANCE y al presidente de ANCE para su firma de aprobación y posteriormente se envían dos ejemplares de cada Norma ANCE expedida, a la DGN con la finalidad de que ésta publique en el Diario Oficial de la Federación la declaratoria de vigencia de dichas normas.

Las Normas ANCE son identificadas por las siglas NMX seguidas de un código en letra J, un número consecutivo, las siglas ANCE y el AÑO.

Ejemplo:

**NMX-J-063-ANCE-2002**

La letra J ha sido utilizada por la DGN para clasificar las normas del Sector Eléctrico y sigue conservándose por ANCE, para evitar confusión.

Si la Norma ya existe y sólo es revisada o actualizada bajo el nuevo procedimiento, conserva su número. De ser una Norma nueva, se le asignará un número consecutivo a partir del 500.

### **2.3.2 Etapas del Desarrollo de Normas.**

- **Propuesta de Trabajo PT:** Documento propuesto para la elaboración de un anteproyecto de Norma Mexicana ANCE sujeta a estudio por parte del Comité Técnico correspondiente.
- **Documento de trabajo DT:** Documento surgido del estudio de una propuesta de trabajo que contiene los aspectos normativos acordados y establecidos en minuta y que sirve como base formal para propuestas y discusiones de los miembros de un Comité Técnico de Normalización.
- **Anteproyecto de Norma Mexicana ANCE ANT:** Documento de trabajo aprobado por el Comité Técnico de Normalización, como anteproyecto sujeto a aprobación del Comité CONANCE.
- **Proyecto de Norma Mexicana ANCE PROY:** Anteproyecto aprobado por el Comité como proyecto, disponible para comentarios y notificado a través del Diario Oficial de la Federación.

- Norma Mexicana ANCE NMX-ANCE: Proyecto final de Norma Mexicana ANCE cuya declaratoria de vigencia es publicada en el Diario Oficial de la Federación.

## **2.4 LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN**

Los laboratorios de calibración proporcionan servicios técnicos de medición y calibración por actividad específica con trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales o en su defecto a patrones extranjeros confiables.

Los laboratorios de calibración garantizan dentro de su estructura administrativa y funcional, que operan con integridad, imparcialidad, confidencialidad y competencia técnica, material y humana.

### **Metrología Legal**

Es la encargada de las unidades de medida, los instrumentos de medición y los métodos de medición, relacionados con los requisitos técnicos y legales, que tienen por objeto asegurar mediciones confiables y exactas, que garanticen la transparencia, equidad en las transacciones comerciales y aseguren la integridad física de los consumidores.

## **Metrología Industrial**

Es la encargada de garantizar la confiabilidad de los instrumentos de medición y patrones que se utilizan en los procesos industriales y en el aseguramiento de la calidad en la producción de bienes y servicios.

### **Verificación Inicial**

Es la comprobación por primera ocasión de las propiedades de funcionamiento y uso de los instrumentos de medición, y que éstos satisfacen las tolerancias de precisión establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

### **Verificación periódica**

Es la comprobación en los intervalos de tiempo que determine la Secretaría de las propiedades de funcionamiento y uso de los instrumentos de medición y que éstos operan de conformidad con las tolerancias de exactitud establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, para ser utilizados en una transacción comercial o para determinar el precio de bienes y servicios.

### **Trazabilidad**

Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal, que ésta pueda ser relacionada con referencias determinadas, generalmente de patrones nacionales o internacionales por medio de una cadena sin interrupción de comparaciones, teniendo todas las incertidumbres determinadas.

### **Patrón Nacional**

Es un patrón reconocido por una decisión nacional en un país, para servir como base de asignación de valores a otros patrones de la magnitud de interés.

A la fecha se han autorizado 45 patrones nacionales al Centro Nacional de Metrología CENAM, y dos al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares ININ. De conformidad por lo dispuesto en la Ley Federal de Metrología y Normalización y su reglamento corresponde a la Secretaría de Economía la autorización de patrones nacionales de Medición.

## **CAPÍTULO 3**

### **RECURSOS EXISTENTES Y NECESARIOS DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA PARA PRUEBAS A CONDUCTORES**



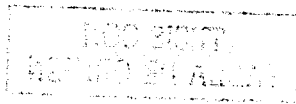
### 3.1 SEMBLANZA DE LOS EQUIPOS PARA LAS PRUEBAS A CONDUCTORES

Con el fin de apoyar y solidarizarse la facultad de ingeniería con la industria, a partir de 1971, de acuerdo con el presupuesto disponible y en colaboración con la Secretaría de Obras Públicas y la Dirección de Aeropuertos, se empezó a diseñar y a crear un laboratorio de pruebas a cables.

El propósito fundamental de dicho Laboratorio, fue determinar cuales son conductores eléctricos más idóneos para el alumbrado en las pistas de aterrizaje de los aeropuertos de nuestro país.

Al aislamiento de los conductores eléctricos se les realiza diversas pruebas de tipo; mecánicas, eléctricas y térmicas. Con estas se determina en que condiciones se encuentran y como funcionarán bajo condiciones ambientales y de servicio, prediciendo su comportamiento.

Con la finalidad de analizar las propiedades físicas y dieléctricas de los conductores eléctricos, se adquirió equipo nacional y extranjero de acuerdo al criterio que marcan las normas nacionales existentes y otras como: las de la ASTM (American Society for Testing and Materials); relacionadas con pruebas al aislamiento de cables y alambre.





## 3.2 EQUIPOS PARA LAS PRUEBAS A LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

### 3.2.1 Máquina de Tensión Mecánica

Modelo Scott L-5 tipo péndulo, ver figura 3.1, para someter especímenes a un esfuerzo de tensión mecánica, el equipo contiene:

1. Semiarco para el deslizamiento del brazo del dinamómetro.
2. Cuerda para colocar en cero la aguja
3. Contrapeso de posición variable, para ajustar el dinamómetro<sup>1</sup>.
4. Contrapeso de valor fijo<sup>2</sup>.
5. Carátula con dos rangos graduados en libras.
6. Porta-papel para gráficas.
7. Grafito.
8. Mordaza fija (en brazo del dinamómetro).

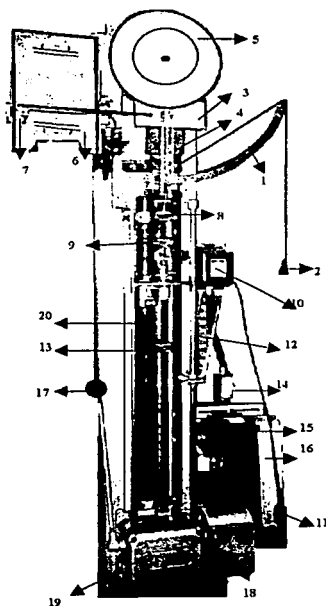


Figura 3.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

9. Mordaza móvil (sujeta a la cadena de transmisión mecánica).
10. Transformador elevador de tensión para el graficador tipo chispa.
11. Interruptor o "pulsador de ignición" para obtener gráficas.
12. Regla para medir la elongación del espécimen de prueba.
13. "Pieza" limitadora de elongación con tornillo prisionero para sujetarse a la cadena de transmisión.
14. Interruptor para energizar el equipo.
15. Motor de inducción.
16. Guarda de la polea de transmisión.
17. Palanca para iniciar o parar la prueba.
18. Caja de transmisión para efectuar internamente el cambio de velocidad de la mordaza móvil.
19. Caja de engranes para la transmisión mecánica.
20. Cadena de transmisión, pone en movimiento una de las mordazas a velocidad constante.

<sup>1</sup>El contrapeso para ajustar el dinamómetro, es una pesa de valor fijo que puede moverse sobre un brazo graduado.

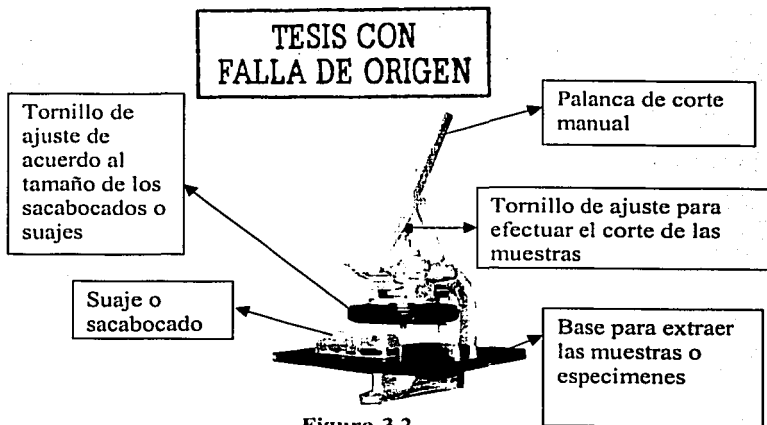
<sup>2</sup>La máquina cuenta con un par de contrapesos de valor de 1,20Kg y de 4,20Kg, al colocar ambas en su respectivo lugar se toman las lecturas de carga en la graduación de 0 a 150 libras (carátula interna) y por el contrario si no se colocan se toman las lecturas en el disco graduado de 0 a 300 libras (carátula externa).

**NOTA:** Es importante verificar la calibración y ajustar a cero la aguja indicadora de carga del dinamómetro cuando se pasa de una situación a otra, esto se realiza con el tornillo que se encuentra al centro del disco.

Se anexa en el apéndice "D" la calibración que se le hizo al equipo en 1972.

### **3.2.2 Máquina Cortadora de Muestras**

Prensa manual marca "NAEF" modelo B-36, ver figura 3.2, esta sirve para cortar los aislamientos de tipo moño, con el apoyo de los suajes.



### 3.2.2.1 Sacabocados

Existen 4 dados o sacabocado metálicos de diferentes dimensiones (figura 3.3 y tabla 3.1) de acuerdo a las especificaciones ASTM y la norma NMX-J-178-ANCE para los materiales aislantes.

- Un dado tipo “B” ASTM D-412-68.
- Un dado tipo “C” ASTM D-412-68.
- Un dado tipo “D” ASTM D-412-68.
- Un dado tipo “E” ASTM D-412-68.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Características de los suajes:

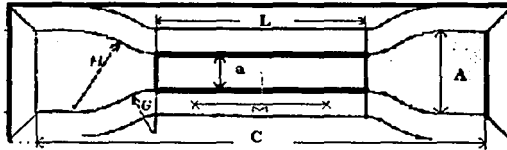


Figura 3.3

Tipo de Probeta	Dimensiones en mm						
	La letra M indica distancia entre marcas.						
	A	C	G	H	L	a	M
B	25	140	14	25	59	6	50
C	25	115	14	25	33	6	25
D	16	100	14	16	33	3	25
E	16	125	14	16	59	3	50
Tolerancia	$\pm 1$	mínimo	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 2$	+ 0,05 - 0,00	$\pm 2$

Tabla 3.1 Dimensiones de acuerdo al tipo de dado o suaje

### 3.2.3 Pulidor Rectificador

Máquina marca "EMERSON para pulir y rectificar especímenes de probeta tipo "moño" diseñada de acuerdo a las Normas ASTM. D-15 y D-412, ver figura 3.4.

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

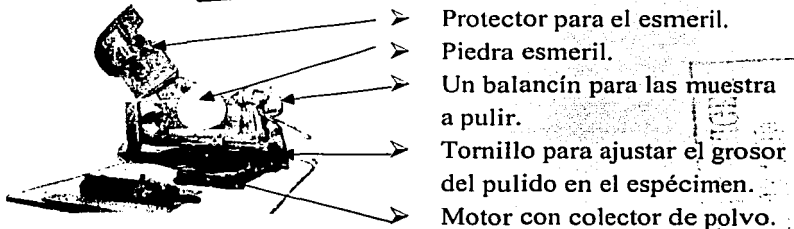


Figura 3.4

### 3.2.4 Horno con Circulación Forzada de Aire

Equipo de marca CAISA ALFEY, ver figura 3.5. Para el proceso de envejecimiento acelerado a diversos materiales. Internamente tiene un banco de resistencias eléctricas, un motor de inducción trifásico que es capaz de realizar el cambio de aire en la cámara del horno y un termostato para controlar la temperatura.

Externamente cuenta con lo siguiente:

1. Un interruptor de tres posiciones:
  - Banco de resistencias.
  - Apagado.
  - Motor energizado.
2. Un cronometro de 60 minutos.

ELABORADO  
CON  
COMPUTER

3. Un selector de temperatura de 40°C a 220°C.
4. Tres focos piloto que indican el funcionamiento de: El motor, El cronómetro y Del selector de temperatura respectivamente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

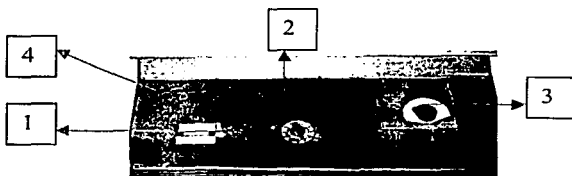


Figura 3.5

### 3.2.5 Horno Refrigerador

Esta máquina marca TENNEY Modelo SK-2101, figura 3.6. Tiene una Cámara que puede trabajar como un sistema de refrigeración por medio de dos compresores que se accionan en cascada o como un sistema de horno con circulación forzada de aire. Además, puede operar en un rango bastante amplio.

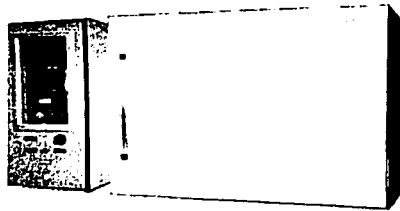
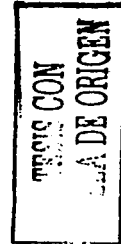


Figura 3.6



### 3.2.5.1 Condiciones generales

Esta cámara está diseñada para brindar dos tipos de servicios, y debido a la naturaleza de sus sistemas la cámara debe estar instalada en una superficie firme y plana.

En la parte posterior de la cámara, está un ventilador de enfriamiento condensado en espiral, mientras que en su lado izquierdo, tiene dos rejillas de escape de aire, Las dos áreas deben tener un libre flujo de aire por lo que debe estar colocada al menos a 300mm (12 in) de cualquier obstrucción que pudiera impedir el flujo de aire.

No debe instalarse la cámara en donde la temperatura ambiente exceda los 30°C (86°F) dado que impediría un buen funcionamiento del sistema de refrigeración de la máquina.



### 3.2.5.2 Controles de la cámara del horno refrigerador

- El control de selección de la temperatura (dial o perilla) de la cámara del horno refrigerador está diseñado para controlar bajas y altas temperaturas en un rango de  $-75^{\circ}\text{C}$  a  $175^{\circ}\text{C}$  ( $-120^{\circ}\text{F}$  a  $350^{\circ}\text{F}$ ). Consiste en un dial y una carátula calibrada en grados Fahrenheit y grados Celsius con una resolución de  $\pm 1$  grado.
- El interruptor selector, localizado fuera del panel de control, habilita la operación de cualquiera de las 2 funciones de la cámara, como horno o como máquina de refrigeración. Manteniéndolo el interruptor en la posición central sirve para interrumpir la energía, como un simple apagador.
- El interruptor de luz interna del equipo, es un simple apagador para iluminar y observar los especímenes bajo prueba en el interior de la cámara, debido a que es una lámpara incandescente se recomienda no dejarla encendida por mucho tiempo, principalmente para pruebas a bajas temperaturas.
- El control para limitar la temperatura (dial de "failsafe"), provee una protección adicional ante la posibilidad de falla en el evento, opera en cualquier circunstancia que lleve a la temperatura de la cámara a estar más allá del punto de ajuste.

Este control, por medio de su dial puede ser ajustado a un valor superior designado a la cámara para la realización de la prueba. Es importante recalcar que cuando la luz piloto de este control se enciende, nos indicara que el dispositivo de protección "failsafe" ha actuado interrumpiendo el incremento o decremento de la temperatura en el interior de la cámara.

Esta cámara cuenta con su propio termómetro analógico de varilla, para medir en un rango de  $-75^{\circ}\text{C}$  a  $175^{\circ}\text{C}$  para examinar la temperatura de la cámara. Este termómetro puede ser removido de la parte frontal y colocarse en el costado derecho.

### 3.2.6 Arqueador

Equipo diseñado en el laboratorio por alumnos de la F.I. (tesis), ver figura 3.7, para analizar y reproducir las fallas que se presentan en los cables ante un arqueo eléctrico superficial, incluye:

- A) Un transformador monofásico
  - Tensión de entrada: 115 V, 50/60 Hz.
  - Tensión de salida: 15 KV c.a.
  - Potencia máxima: 450 VA.
  - Corriente máxima de salida: 30 mA.
- B) Soportes de separación para la punta de arqueo.
- C) Focos piloto.

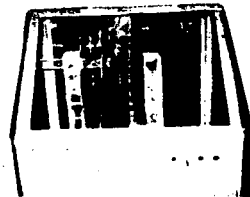


Figura 3.7

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

D) Un interruptor de seguridad.

### 3.2.7 Sistema Elevador de Tensión de Cero hasta 35 KV, de Corriente Alterna Compuesto por Dos Equipos

a) Un mueble de mando en caja metálica de marca BALTEAU (ver figura 3.8) que tiene:

- Un variador para regular la tensión de 660 VA.
- Un Interruptor, con un equipo de protección.
- Un Voltmetro graduado.
- Una lámpara indicadora roja.
- Un botón de paro o apagado.
- Un botón de puesta en servicio.

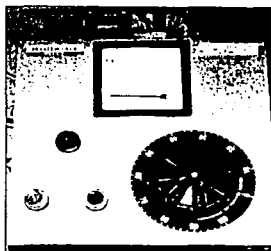


Figura 3.8

b) Un Transformador monofásico de alta reactancia, ver figura 3.9 para mantener un arco eléctrico en el devanado secundario de aproximadamente 90mA. a 35KV. Con las siguientes características:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Marca BALTEAU para servicio interior.
- Aislamiento Resibloc.
- Frecuencia de 50/60 Hz.
- Potencia máxima de 1 200 VA.
- Peso aproximado de 50 Kg.

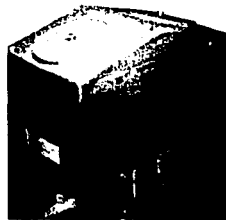


Figura 3.9

### 3.2.8 Fuente de poder de corriente directa

La fuente de poder marca ELECTRONICS CORP modelo PSC100-30-2 lo forman dos equipos con las siguientes características.

- a) Un gabinete Metálico de control (figura 3.10), que contiene:
  - (1) Kilo-voltímetro analógico.
  - (2) Mili-amperímetro analógico.
  - (3) Perilla, factor multiplicador en KV analógico de 1, 3 Y 10.
  - (4) Perilla, factor multiplicador en mA analógica de 1 y 10.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- (5) Perilla de ajuste de tensión de salida, interruptor tipo “restablecer” y foco piloto indicador de sobre tensión.
- (6) Perilla de ajuste de la corriente de salida, interruptor tipo “restablecer” y foco piloto indicador de sobre corriente.
- (7) Perilla para variar la potencia de salida.
- (8) Interruptor para tener tensión de salida y foco piloto indicador.
- (9) Interruptor para tener corriente de salida y foco piloto.
- (10) Perilla para calibrar a cero el Kilo-voltímetro analógico.



Figura 3.10

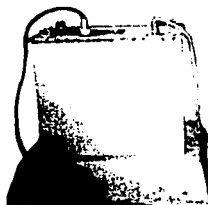


Figura 3.11

- b) Un transformador y rectificadores de tensión (figura 3.11) con:
  - Tanque de aceite aislante.

- Punta de prueba de salida de alto voltaje.
- Bus de cables de control.

Esta fuente de alta tensión está diseñada y construida para asegurar una operación confiable en uso industrial y experimental.

La salida puede obtenerse positiva o negativa haciendo simples conexiones en el alambrado interno.

El voltaje de línea para operar esta unidad debe de ser de 220 volts, 50/60 Hz.

Los componentes de alta tensión están fuertemente montados dentro de una estructura metálica y sumergida en un tanque diseñado para llenarse con un aceite de altas características aislantes como el Shell Diala AX.

El tanque está provisto con empaquetaduras apropiadas para la seguridad del aceite y tiene unas perforaciones para las manos en la parte superior de la cubierta que dejan espacio para el cambio de polaridad sin cambiar la unidad entera desde el tanque.

104

## **CAPÍTULO 4**

### **SELECCIÓN DE LAS PRUEBAS ELÉCTRICAS, MECÁNICAS Y TÉRMICAS**





#### 4.1 NORMAS APLICABLES A LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

En este capítulo se mencionan las Normas de Métodos de Prueba aplicables a los conductores eléctricos y sus componentes (aislamientos, cubiertas protectoras, pantallas semiconductoras, etc.).

En la tabla 4.1 se muestran las Normas Mexicanas Voluntarias, estas son las más recientes publicadas por ANCE.

Las Normas fueron obtenidas, por Internet, Diario Oficial y en ANCE, con el fin de poder determinar qué equipos se requieren para realizar pruebas eléctricas, mecánicas y térmicas y así seleccionar las que se pueden desarrollar en el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica.

**Tabla 4.1 Normas Mexicanas (Métodos de prueba)**

<b>NORMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRUEBA</b>
NMX-J-030-ANCE	Determinación de las descargas parciales en cables de energía en mediana y alta tensión.	Eléctrica
NMX-J-040-ANCE	Determinación de absorción de humedad en aislamiento y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Eléctrica o Química
NMX-J-066-ANCE	Determinación de diámetros en conductores eléctricos desnudos.	Mecánica

NORMA	DESCRIPCIÓN	PRUEBA
NMX-J-073-ANCE	Verificación de la continuidad y la adherencia del recubrimiento de estaño en los alambres de cobre empleados como conductores.	Eléctrica
NMX-J-093-ANCE	Determinación de la resistencia a la propagación de incendio en conductores eléctricos.	Química
NMX-J-129-ANCE	Determinación del área de la sección transversal de conductores eléctricos cableados, en función de su masa.	Mecánica
NMX-J-142-ANCE	Cables de energía con pantalla metálica, aislados con polietileno de cadena cruzada o a base de etileno propileno para tensiones de 5 KV a 115 KV.	Eléctricas, Químicas, Mecánicas
NMX-J-177-ANCE	Determinación de espesores de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Mecánica
NMX-J-178-ANCE	Determinación del esfuerzo de tensión a la ruptura y alargamiento de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Mecánica
NMX-J-180-ANCE	Determinación de estabilidad dimensional de aislamiento de EPR o XLP p/cable de energía de 69 a 115 KV.	Mecánica

<b>NORMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRUEBA</b>
NMX-J-182-ANCE	Determinación de la flexibilidad de las cubiertas de plomo en cables de energía.	Mecánica
NMX-J-183-ANCE	Deformación permanente en aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Térmica
NMX-J-184-ANCE	Determinación del módulo de elasticidad en aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos a base de elastómeros.	Mecánica
NMX-J-185-ANCE	Determinación de la resistencia al rasgado en cubiertas protectoras de conductores eléctricos a base de elastómeros.	Mecánica
NMX-J-186-ANCE	Envejecimiento acelerado en horno a pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Térmica
NMX-J-187-ANCE	Determinación del envejecimiento acelerado en aire caliente a presión, de aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos a base de elastómeros.	Térmica
NMX-J-188-ANCE	Determinación del envejecimiento acelerado en oxígeno caliente a presión, de aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos a base de elastómeros.	Química

NORMA	DESCRIPCIÓN	PRUEBA
NMX-J-189-ANCE	Determinación de la flexibilidad de conductores eléctricos aislados con PVC.	Mecánica
NMX-J-190-ANCE	Determinación de la resistencia al choque térmico de aislamiento y cubiertas protectoras de PVC de conductores eléctricos.	Térmica
NMX-J-191-ANCE	Deformación por calor de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Térmica
NMX-J-192-ANCE	Resistencia a la propagación de la flama en conductores eléctricos.	Química
NMX-J-193-ANCE	Doble en frío, de aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Térmica y Mecánica
NMX-J-194-ANCE	Envejecimiento acelerado en aceite para aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.	Térmica y Química
NMX-J-204-ANCE	Determinación de la resistividad volumétrica en los componentes semiconductores de pantallas de cables de energía con aislamiento extruido.	Eléctrica
NMX-J-205-ANCE	Determinación del factor de disipación, factor de ionización, capacitancia y constante dieléctrica en conductores eléctricos.	Eléctrica

<b>NORMA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRUEBA</b>
NMX-J-212-ANCE	Resistencia y resistividad eléctrica.	Eléctrica
NMX-J-221-ANCE	Cables de energía con aislamiento de papel impregnado con aceite y cubierta de plomo.	Eléctricas, Químicas, Mecánicas
NMX-J-241-ANCE	Cables de energía eléctrica con aislamiento de papel impregnado y forro de plomo.	Eléctrica
NMX-J-292-ANCE	Cubiertas protectoras de materiales termoplásticos, para conductores eléctricos.	Mecánica
NMX-J-293-ANCE	Alta tensión con corriente alterna y corriente directa a conductores eléctricos aislados.	Eléctrica
NMX-J-294-ANCE	Resistencia de aislamiento.	Eléctrica
NMX-J-303-ANCE	Diámetros nominales y áreas de las secciones transversales de alambre redondo para usos eléctricos.	Mecánica
NMX-J-309-ANCE	Tensión de impulso a la ruptura en conductores aislados.	Eléctrica
NMX-J-312-ANCE	Determinación del esfuerzo y alargamiento de alambre para conductores eléctricos.	Mecánica
NMX-J-335-ANCE	Medición de descargas parciales.	Eléctrica
NMX-J-426-ANCE	Resistencia al agrietamiento de cubiertas de polietileno en un medio ambiente controlado.	Química

NORMA	DESCRIPCIÓN	PRUEBA
NMX-J-431-ANCE	Determinación de la adherencia del componente semiconductor sobre el aislamiento de EP o XLP de 5 a 69 KV.	Mecánica
NMX-J-432-ANCE	Determinación del alargamiento en caliente y deformación permanente aplicable a aislamientos de Etileno-Propileno y Polietileno de Cadena Cruzada.	Mecánica
NMX-J-435-ANCE	Estabilidad estructural en cables con aislamiento sólido.	Mecánica
NMX-J-437-ANCE	Determinación del coeficiente de absorción de luz de polietilenos pigmentados con negro de humo.	Química
NMX-J-439-ANCE	Determinación de arborescencias provocadas por agua en prototipos de 15 KV en cables de energía con aislamiento extruido.	Química
NMX-J-440-ANCE	Envejecimiento cíclico en cables de energía con aislamiento extruido para tensiones de 5 a 115 KV.	Eléctrica
NMX-J-441-ANCE	Determinación de cavidades contaminantes e irregularidades en cables de energía con aislamiento extruido.	Química
NMX-J-442-ANCE	Determinación de la estabilidad de la resistividad volumétrica y en los componentes semiconductores de las pantallas en cables de energía con aislamiento extruido.	Eléctrica

NORMA	DESCRIPCIÓN	PRUEBA
NMX-J-443-ANCE	Alta tensión, larga duración para cables de energía con aislamiento extruido.	Eléctrica
NMX-J-472-ANCE	Determinación de la cantidad de gas ácido halogenado, generado durante la combustión controlada de materiales polímeros tomados de conductores eléctricos.	Química
NMX-J-473-ANCE	Alta tensión aplicada durante el proceso de fabricación de conductores eléctricos.	Eléctrica
NMX-J-474-ANCE	Determinación de la densidad óptica específica y del valor de oscurecimiento de humos generados en conductores eléctricos.	Química
NMX-J-498-ANCE	Determinación de la resistencia a la propagación de la flama en conductores eléctricos colocados en charola vertical.	Química
NMX-J-504-ANCE	Penetración longitudinal de agua en conductores sellados para cables de energía media y alta.	Química
NMX-J-516-ANCE	Determinación del paso y sentido de cableado para conductores desnudos y aislados.	Mecánica
NMX-J-522-ANCE	Extracción por solventes para materiales vulcanizables de base etilénica	Mecánica y Química



La aplicación de estos métodos de pruebas, es para asegurar que los conductores eléctricos cumplen con las características que indican las Normas Oficiales Mexicanas, y así poder asegurar una correcta y adecuada utilización de los mismos.

Las pruebas que se les realizan a los conductores eléctricos, es porque existen varias características (mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas) que los afectan durante su instalación, utilización y aplicación.

#### **4.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS QUE AFECTAN A LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

Básicamente a los conductores eléctricos se les analizan las características de sus aislamientos, ya que existen un sin fin de estos los cuales dependen de su utilización.

Un material aislante es toda sustancia de tan baja conductividad que al paso de la corriente eléctrica a través de ella es prácticamente despreciable.

Existen diferentes aislamientos con diferentes características que se deben estudiar, evaluar y comparar, como son:

- Características Mecánicas.
- Características Eléctricas.

- Características Térmicas.
- Características Químicas.

También, pueden ser dañados los aislamientos por agentes externos independientemente del tipo y uso del conductor, acortando su vida útil o peor aún poniendo en riesgo la seguridad de las personas y del equipo donde se encuentran.

#### **4.2.1 Características Mecánicas**

Los aislantes son sometidos a diferentes tipos de maltratos físico, generalmente en el momento de instalar el conductor, por lo que deben ser capaces de soportar:

##### **4.2.1.1 Esfuerzos**

- a) Esfuerzo a la tensión
- b) Esfuerzo al desgarre
- c) Esfuerzo a la flexión
- d) Esfuerzo al corte

Por lo que se debe realizar pruebas de: resistencia a la tensión y la elongación del material antes y después de someterlos a una prueba de envejecimiento acelerado, así como su dureza y flexibilidad.

#### **4.2.1.2 Abrasión**

Se presenta sobre todo cuando el equipo se instala a la intemperie u opera en ambientes donde existen materiales en suspensión que puedan provocar los fenómenos abrasivos dando lugar a un deterioro rápido del aislamiento del conductor.

#### **4.2.1.3 Impacto**

Son las fuerzas repentinas provocadas por fenómenos eléctricos y mecánicos que debe resistir el aislamiento.

#### **4.2.1.4 Vibración**

La vibración es un fenómeno del cual no está exento el equipo eléctrico y por lo tanto los conductores eléctricos que están bajo tales circunstancias deben soportarlo.

### **4.2.2 Características Térmicas**

Todos los conductores eléctricos se ven limitados por la estabilidad térmica que refleja la temperatura máxima de operación del aislamiento.

Las pruebas que se realizan son: resistencia al calor, envejecimiento por calor, resistencia al fuego etc.

### **4.2.3 Características Eléctricas**

#### **4.2.3.1 Rigidez dieléctrica**

El esfuerzo dieléctrico de ruptura, es la propiedad eléctrica más importante de los aislamientos. Ésta se acentúa donde el aislamiento, es usado como dieléctrico entre capas y puede no ser tan importante en soportes físicos y superficiales deslizantes. Una reducción en el nivel de esta propiedad puede ocurrir durante la fabricación y la instalación del cable.

La rigidez dieléctrica o gradiente eléctrico de un aislamiento representa el número de voltaje requerido para perforarlo y está dado por la relación de tensión entre espesor (KV/mm).

Según la forma como se mida el gradiente eléctrico se puede obtener valores diferentes, para un cable y se determina de las siguientes formas:

- Corriente alterna, aumentando rápidamente la tensión, hasta la falla.
- Corriente alterna a una tensión media pero a largo tiempo.

- Corriente alterna aumentando la tensión en forma escalonada, hasta la falla.
- Corriente directa aumentando gradualmente la tensión.
- Impulsos eléctricos de muy alta tensión pero de corta duración (microsegundos).

#### **4.2.3.2 Resistividad**

En materiales aislantes se define la resistividad como: la resistencia que ofrece un material para que circule a través de él una corriente, cuando se le aplica una diferencia de potencial. Por lo que la resistencia debe ser alta, para que el aislamiento sea efectivo y que el calentamiento durante su operación no sea excesivo.

#### **4.2.3.3 Resistencia de aislamiento**

Las pruebas de resistencia de aislamiento son una forma sencilla para determinar el deterioro de un aislamiento y suelen efectuarse en la fábrica y en el campo, para determinar el estado de un cable.

#### **4.2.3.4 Resistencia al Efecto Corona**

Es la descarga eléctrica que tiene lugar en la atmósfera alrededor de un calibre, originando la formación de una concentración de ozono que lo atacaría. Esta es una propiedad deseable y se vuelve imprescindible en operaciones de 600 V c.a., en adelante donde éste fenómeno se acentúa.

#### **4.2.3.5 Constante dieléctrica**

Es la propiedad de los materiales aislantes por medio de la cual queda determinada la energía electrostática. Puede o no ser significativa, dependiendo sobre todo de un voltaje de distribución distorsionado.

La constante dieléctrica o capacidad inducida específica (SIC) de un aislamiento es la relación entre la capacidad de un condensador cuyo dieléctrico sea el aislamiento en cuestión y la capacidad del mismo condensador con aire como dieléctrico.

La constante dieléctrica de un aislamiento en un cable determina la corriente de carga capacitiva que se produce en el cable y que traduce en pérdidas dieléctricas, conviene que tenga un valor lo más bajo posible.

$$SIC = C/Co \text{ (sin unidades)}$$

Donde:

C = Capacitancia del material aislante.

Co = Capacitancia en aire.

#### **4.2.4 Características Químicas**

Se consideran principalmente aquellas condiciones o situaciones que son desfavorables para los aislamientos de los conductores.

##### **4.2.4.1 Resistencia a la humedad**

Es una propiedad importante en los aislamientos, muchos materiales tienen buenas propiedades cuando están secos, pero éstas se deterioran cuando las superficies están mojadas o húmedas, también es frecuente observar que algunos tipos de aislamientos se ven afectados por la acción de los cambios bruscos de temperatura.

#### **4.2.4.2 Resistencia a los solventes comunes y a los aceites**

Estas pruebas se realizan principalmente a los conductores que van a ser instalados sobre el piso, charolas, etc. ya que es común que al dar algún tipo de mantenimientos en algunas áreas estas se realizan con aceites y/o detergentes, los cuales llegan a los conductores.

#### **4.2.4.3 Resistencia a la propagación de la flama**

Es aquella que se auto extingue en un tiempo determinado, el aislamiento debe cumplir con lo especificado por la norma NMX-J-192-ANCE y la resistencia a la propagación de incendio es aquel material que al aplicarle una fuente de calor no propaga el incendio especificado por la NMX-J-093-ANCE.

A estas propiedades se les está dando mayor importancia como un requisito que todo aislamiento debe poseer, a menudo el fuego es una consecuencia de una falla eléctrica, la cual puede resultar de mayores dimensiones que la falla original.



#### **4.2.4.4 Aislamientos y cubiertas exteriores con baja emisión de humos y sin contenido de halógenos.**

El halógeno forma parte de la séptima familia de la tabla periódica de los elementos; flúor, cloro, bromo, yodo y astatinio. Siendo los tres primeros los de mayor uso en la industria de conductores eléctricos.

Se ha visto que los gases de halógeno desprendidos por componentes de cables (polietileno, polietileno clorosulfonado, policloruro de vinilo, neopreno, etc.) al estar sujetos a condiciones de incendio, pueden llegar a producir daño en equipos eléctricos, electrónicos y principalmente a las personas ya que cuando existe fuego muchas personas mueren de intoxicación y no por causa del fuego.

### **4.3 CRITERIOS PARA SELECCIONAR LOS MÉTODOS DE PRUEBAS**

Para seleccionar las Normas (métodos de pruebas) y realizar las pruebas a los conductores eléctricos como producto terminado, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- a) Las pruebas para predecir el comportamiento de los Conductores Eléctricos de **baja tensión**, tomando en cuenta la Normativa Mexicana.
- b) La facilidad de realizar las pruebas en el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica, tomando en cuenta los equipos y materiales que actualmente existen.

Por lo anterior se seleccionaron 15 pruebas de estas 8 son de tipo Mecánicas – Térmicas y 8 son eléctricas:

#### **4.3.1 Pruebas Seleccionadas**

Pruebas Mecánicas - Térmicas a los aislamientos y/o cubiertas:

- Esfuerzo y alargamiento por tensión a la ruptura.
- Deformación permanente.
- Resistencia al rasgado.
- Envejecimiento acelerado.
- Resistencia al choque térmico.
- Flexibilidad en los conductores.
- Alargamiento en caliente y deformación permanente.
- Doblez en frío.

**Pruebas Eléctricas a los conductores eléctricos como producto terminado.**

- **Resistencia, resistividad y conductividad.**
- **Absorción de humedad.**
- **Alta tensión con corriente alterna y directa.**
- **Resistencia de aislamiento.**
- **Resistividad superficial.**
- **Prueba de chispa.**
- **Descargas eléctricas.**

**CAPÍTULO 5**  
**ANÁLISIS DE INVERSIÓN**



## **5.1 ANÁLISIS**

Se realizó un levantamiento de las necesidades de acondicionamiento del Laboratorio de Ingeniería Eléctrica para que se tenga un funcionamiento adecuado para realizar **Pruebas Eléctricas a Conductores**.

El Laboratorio en comento, se cuenta con aparatos e infraestructura para llevar a cabo pruebas eléctricas, mecánicas y térmicas, sin embargo algunos equipos deben ser actualizados y otros deben ser calibrarlos. También es necesario la adquisición de accesorios con el objetivo de que el laboratorio obtenga resultados confiables.

A continuación se describe lo que se realizó en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería, para el funcionamiento de cada uno de los equipos y lo que falta de adquirir o realizar.

## **5.2 QUE SÉ EFECTUÓ Y QUE FALTA POR REALIZAR A LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO**

### **5.2.1 Horno de Convección Forzada**

**Se Realizó:**

- ◆ Cableado interno como externo del equipo.
- ◆ Reparación de contactores y sus bobinas.

- ◆ Se hizo la instalación de la alimentación del equipo.
- ◆ Se reparo el motor trifásico (embobinado dañado).
- ◆ Se hizo una escala de temperatura y se coloco en el equipo para una facilidad de legibilidad.

#### **Lo que Falta:**

- ◆ Un termómetro con escala hasta 200°C.
- ◆ Micrómetro para mediciones de espesores de aislamientos.
- ◆ Cambiar los focos pilotos de señalización.
- ◆ Cambiar los contactores, dado que los actuales presentan deterioro en sus elementos.

Características de los contactores:

- a) Tres polos
- b) Con bobinas para 220 volts.
- c) Con clemas de contactos N.C. y N.A.
- d) Con elementos térmicos.

#### **5.2.2 Horno - Refrigerador**

A este equipo se le realizo un mantenimiento mayor, por lo que se en vio con técnicos especialistas a revisión y reparación, entre otras cosas se le inycto gas refrigerante a presión.

- ◆ Se calibro el "timer" para un buen funcionamiento de los dos compresores en cascada.
- ◆ Se hizo una pieza de forma especial, para poder fijar la temperatura requerida en la escala de la carátula frontal.

### **Lo que Falta:**

Es necesario adquirir un equipo nuevo, ya que el actual puede presentar fallas en su funcionamiento debido al tiempo de vida que tiene la máquina, además los componentes para su reparación están discontinuados.

### **Recomendación:**

La temperatura debe ser dosificada lentamente, es decir, se incrementa la temperatura poco a poco hasta llegar al valor deseado con el control de temperatura respectivo, ya que un cambio brusco de temperatura o incluso el funcionamiento durante un tiempo prolongado (más de 24 horas de uso continuo), puede causar el deterioro total de la misma.

### **5.2.3 Máquina de Tensión Mecánica**

En este equipo fue necesario averiguar la operación de cada uno de los componentes, ya que su funcionamiento es puramente mecánico.



- ◆ Se realizó una limpieza general, así como lubricación y pintado.
- ◆ Se adquirió y coloco una barra de grafito en el porta papel, para producir una chispa de alta tensión y poder observar en la grafica el comportamiento de la tensión mecánica que sufre el material.
- ◆ Se verifico el ajuste del equipo mediante diferentes pesos, observando que la aguja indicara el valor del peso colocado.

#### **Lo que Falta:**

- ◆ Cambiar el interruptor de encendido y su base, dejando la alimentación del transformador de alta tensión de forma independiente.
- ◆ Reemplazar la cuerda de reinicio debido al deterioro que presenta esta.
- ◆ Realizar la calibración del equipo, con alguna entidad certificada, para poder obtener resultados confiables.

#### **5.2.4 Máquina Pulidora de Muestras**

Se construyo una mesa de trabajo para colocar la máquina, se acondiciono cables a los motores para una facilidad de conexión a los contactos así como tubo "flexible", clavijas, lubricación, limpieza y pintura en general.

**Lo que Falta:**

Cambio de la piedra del esmeril, por una de grano mas fino debido a que el desgaste en las muestras es bastante áspero, y rectificar la flecha de ajuste del motor.

**5.2.5 Prensa Sacabocados**

Únicamente se le realizo lubricación, pintura y colocación en una mesa de trabajo.

**Lo que Falta:**

Es necesario vigilar la lubricación de este equipo y tener cuidado en el manejo de los sacabocados para que no se dañe el filo de los mismos.

**5.2.6 Equipo de Arqueo Superficial**

Se colocaron focos pilotos, microswitch, se cambio: cable de alimentación, interruptor de encendido y el cableado interno.

También se le instalo una tapa frontal de acrílico para la cubierta y se le coloco un porta-fusible.

### **Lo que Falta:**

Cambiar el cable de conexiones, este deberá tener un caimán para conectarse a una estructura aterrizada para protección del personal.

#### **5.2.7 Recipiente para Sumergir Muestras en Agua**

Este recipiente se diseño y construyo con:

- ◆ Un pequeño tambo metálico, cortado longitudinalmente para sumergir muestras de cables.
- ◆ Con ángulo perforado de estructura metálica se armo y se soldó una base para el tanque.
- ◆ Se limpio y se pinto para su uso.

Posteriormente se forro con unicel para tener una temperatura lo más estable posible.

### **Lo que Falta:**

Es necesario asignarle un lugar fijo y aterrizar la estructura metálica.

### **5.2.8 Elevador de Tensión de 100 KV de c.d.**

Este equipo funciona de manera correcta en conjunto con el control de mando, solo fue necesario revisar las conexiones de alimentación con el tablero general y se realizo mantenimiento interno y externo.

#### **Lo que Falta:**

- ◆ Colocar terminales tipo "caiman" a los cables de salida del transformador para una mejor conexión con las muestra bajo prueba.
- ◆ Cambiar una de las parillas multiplicadoras del tablero de instrumentos.
- ◆ Revisar las condiciones del aceite que se encuentra dentro del transformador.
- ◆ Hacer un sistema de señalización (advertencia), que opere cuando el equipo este funcionando.



## **CAPÍTULO 6**

# **PROCEDIMIENTOS DE MÉTODOS DE PRUEBAS A CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE BAJA TENSION**



## **6.1 ESFUERZO Y ALARGAMIENTO POR TENSIÓN A LA RUPTURA EN LOS AISLAMIENTOS, PANTALLAS SEMICONDUCTORAS Y CUBIERTAS**

### **6.1.1 Objetivo**

Determinar el por ciento de alargamiento a la ruptura y el esfuerzo de tensión a la ruptura, en los aislamientos, pantallas semiconductoras y/o cubiertas protectoras (policloruro de vinilo, polietilenos o elastómeros, etc.) de los conductores eléctricos:

### **6.1.2 Alcances**

El presente método se aplica a los aislamientos de los conductores eléctricos tomando en cuenta lo siguiente:

- La carga de ruptura máxima de la máquina de tensión tipo péndulo es de 138 Kg (300 lb).

**Nota:** La carga máxima del dinamómetro de la máquina de tensión esta en función de los contrapesos (pesas), situadas atrás de la carátula, las cuales operan de la siguiente manera:



- Cuando se colocan las pesas, se tendrá una carga máxima de 0 a 150 libras (69 Kg).
- No colocando las pesas, la medición se tomara en el carátula con escala de de 0 a 300 libras y se tendrá una carga máxima de 138 Kg.

Es importante mencionar que las pesas afectan el ajuste del equipo así como el desplazamiento de la punta de grafito del graficador de chispa, por lo que se debe decidir si se colocan las pesas o no y mantener esta decisión hasta el final de la prueba.

Si por alguna razón es necesario cambiar de escala, será necesario revisar y ajustar el equipo antes de efectuar la prueba.

### **6.1.3 Normas de Referencia**

Este procedimiento se basa en las siguientes normas:

- NMX-J-178-ANCE Determinación del esfuerzo, tensión a la ruptura y alargamiento de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.
- NMX-J-177-ANCE Determinación de espesores de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.

#### **6.1.4 Aparatos y Equipos**

- Máquina de tensión de transmisión mecánica tipo péndulo, con dinamómetro para medir la fuerza aplicada.
- Calibrador Vernier con resolución de 0,01 mm o menor.
- Esmeril.
- Máquina cortadora de muestras o prensa.
- Suajes o sacabocados, para obtener probeta tipo “moño”.

La máquina de tensión mecánica cuenta con una regla graduada en pulgadas para la medición de la elongación.

#### **6.1.5 Preparación del Espécimen**

Se requiere una muestra de conductor eléctrico de 1,5 m como mínimo. Las probetas (3 mínimo), no deben estar dañadas mecánicamente, térmicamente, ni haber sido sumergidas en agua, ni a tratamiento químico.

Las probetas son de dos tipos: tubular o tipo moño, esto es de acuerdo al calibre del conductor eléctrico y al espesor de su aislamiento.

### **6.1.5.1 Probeta tipo tubular**

Para conductores eléctricos con área de sección transversal igual o menores a  $33,62 \text{ mm}^2$  (2 AWG) y espesor de 2,40 mm o menor, se obtendrán probetas tubulares.

Las muestras se obtienen de la manera siguiente:

- 1) De la muestra del conductor, cortar tres tramos de 17 cm cada uno.
- 2) Se separa el aislamiento del conductor, procurando no dañar el aislante ni maltratarlo.
- 3) Obtener 3 probetas de 15 cm de longitud.

### **6.1.5.2 Espécimen de probeta tipo “moño”**

Este tipo de probetas es para aislamientos que tengan un espesor de 1,5 mm a 3,0 mm, con una variación máxima en todo el espécimen de 0,1 mm. Debe cuidarse que el área de la sección transversal de la parte central no sea mayor de  $16 \text{ mm}^2$ .

En casos extremos puede ser necesario usar un espécimen segmentado de una muestra de aproximadamente unos 150 cm de longitud, se obtienen los tres especímenes rectangulares.

Cada uno de los 3 especímenes debe tener una longitud de 250 mm aproximadamente, dependiendo del calibre del conductor y las dimensiones del sacabocado o suaje utilizado, cortados uno a continuación del otro, es decir, del mismo tramo de conductor para la prueba, preparándolos como se indica a continuación:

- a) Se recomienda colocar sobre la plancha de la prensa un bloque de un material que no melle el filo del suaje o sacabocado, puede utilizarse un tramo de madera de triplay o cartón.
- b) Colocar la cubierta protectora (previamente abierta longitudinalmente) sobre la madera o cartón.
- c) Colocar el suaje seleccionado para obtener el espécimen tipo "moño" en la prensa y encima de la muestra de la cubierta protectora,
- d) Con la palanca de la prensa, cortar los especímenes preferentemente de un solo golpe, es decir, bajando la palanca de la cortadora hasta llegar a cortar la muestra.
- e) Pulir en caso de ser necesario, cada uno de los especímenes por medio del esmeril, para eliminarle toda clase de irregularidades superficiales. Para ello se coloca el espécimen sobre la cara curva del balancín localizado frente a la piedra del esmeril, y procurando que quede bien estirado y paralelo al esmeril.

- f) Al ir puliendo, es necesario hacerlo con precaución para evitar un sobrecalentamiento que pueda afectar las características mecánicas del material, lo cual se puede controlar con el tornillo que regula la cercanía del balancín con respecto al esmeril, ubicado al lado derecho de la piedra de esmeril.

### 6.1.6 Procedimiento de Prueba

- 1) Con el vernier, medir los siguientes parámetros a las probetas:
  - Espesor (e) y ancho (a) de aislamiento, para probeta tipo moño.
  - Diámetro exterior (D) y el diámetro interior (d) del aislamiento, para especímenes tipo tubular.
- 2) Calcular el área de la sección transversal del aislamiento, con forme a 6.1.7.2, antes de realizar la prueba.
- 3) Colocar marcas equidistantes al centro de las probetas, como se indica en la figura 6.1, respetando las distancias señaladas.

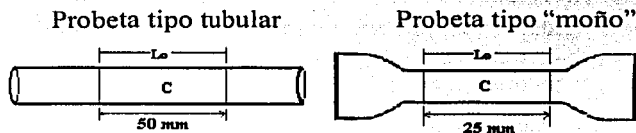


Figura 6.1

- Las probetas tipo tubular, usualmente son de policloruro de vinilo PVC y elastómeros, y tienen un valor especificado de alargamiento del 150% o menos.
  - Los espécimen tipo moño son de material de polietileno y algunos polietilenos de cadena cruzada, estos presentan un alargamiento mayor del 150%.
- 4) Colocar el espécimen entre las mordazas, que quede tenso pero sin carga.
  - 5) Poner en marcha el motor de la máquina de tensión por medio del interruptor que se encuentra abajo del transformador de ignición de alta tensión.
  - 6) Colocar o verificar que el brazo con la regla transparente de la máquina de tensión este a 50 mm (2 pulgadas) como mínimo de la mordaza móvil para medir el por ciento de alargamiento a la ruptura, siguiendo la mordaza móvil hasta el punto de rotura del aislamiento.
  - 7) Ajustar a cero la aguja de la carátula del equipo, para esto, jalar suavemente la cuerda al final del péndulo, en caso de no quedar en cero la aguja, se tiene que aflojar un poco el tornillo que se encuentra en el centro de la misma, colocar la aguja en la posición de cero y finalmente apretar el tornillo.

**Nota:** Es importante tener en cuenta que la carátula está graduada con dos escalas.

- La carátula mayor corresponde a una escala graduada en su parte interior en 2 libras por división y por su parte exterior en 1 libra por división.
  - La carátula menor, esta graduada en su lado interior en una libra por división y por su parte exterior corresponde a ½ libra por división.
- 8) Iniciar la tensión mecánica al espécimen por medio de la palanca de embrague.
- Una posición es, jalando la palanca la cual da inicio a la separación de las mordazas sometiendo a la probeta a un esfuerzo mecánico.
  - La segunda posición es deslizar la palanca hacia delante, empujando la palanca la mordaza móvil vuelve a su posición inicial independientemente de la posición en que se encuentre la mordaza móvil se reinicia la prueba.

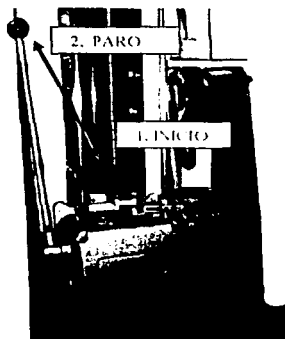


Figura 6.2

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Nota:** El equipo tiene una protección de máxima tensión y puede ser ajustado a un valor menor esto se realiza por medio de la “pieza limitadora” en forma de bloque localizado en la cadena de desplazamiento de la mordaza móvil, en el centro tiene un tornillo prisionero para sujetarse (ver figura 3.1 capítulo 3).

Es importante observar que al inicio de la prueba antes de energizar el equipo, la palanca de embrague debe estar deslizada totalmente hacia delante y la “pieza limitadora” este colocada a una distancia de 3 veces el tamaño inicial del espécimen como mínimo para asegurar que romperá el aislamiento antes de reiniciarse.

- 9) Observar que el espécimen tipo moño rompa entre las 2 marcas (líneas paralelas). Si rompe fuera de la marca debe repetirse la prueba.
- 10) Registrar la carga de ruptura aplicada al espécimen.
- 11) Medir simultáneamente el alargamiento máximo que corresponde a la separación que existe entre las marcas en el momento de la ruptura ( $L_r$ ), Con la regla graduada en pulgadas colocada en el extremo derecho de la mordaza móvil. Es importante estar atentos para tomar esta lectura debido a que el equipo no la mantiene registrada, hay que seguir el desplazamiento manualmente y detenerse en el momento de la ruptura.



12) Como opción, podemos utilizar el registrador gráfico incluido en la máquina de tensión, para registrar el porcentaje de elongación a la ruptura, su funcionamiento es el siguiente:

- a) Verificar que el interruptor del tablero general se encuentra apagado.
- b) Colocar la hoja de papel semi-logarítmico en el portapapel metálico, para obtener la gráfica.
- c) Mover manualmente el portapapel metálico hacia arriba, hasta llegar a tope.
- d) Girar y colocar la punta del grafito hasta tocar el papel, será el punto cero de inicio para nuestra gráfica, cuidando que la varilla de desplazamiento se encuentre fijo en el brazo del dinamómetro.
- e) Se energiza el equipo, y con el interruptor pulsador se da inicio a la ignición, dejando una marca en el papel indicando el cero de la prueba.
- f) Con la ayuda de la carátula, se determina cada valor de carga que se quiera registrar en el papel por medio de la punta del grafito accionando el “interruptor pulsador” momentáneamente y también en el momento en que ocurre la ruptura del espécimen.
- g) Soltar el “interruptor pulsador” después de la ruptura, apagar el equipo y retirar la hoja del portapapel con los puntos de esfuerzo-deformación.

- h) Dibujar la curva Esfuerzo – Deformación, uniendo los puntos registrados y se anotan los valores predeterminados y el valor de la fuerza al momento de la ruptura.
- i) Repetir el procedimiento para cada espécimen.

#### Consideraciones para dibujar la gráfica:

En el eje de las abscisas se registra el esfuerzo que va teniendo el aislamiento, por lo que se tendrá una curva más o menos ancha dependiendo de la escala a utilizar. Esta escala no puede utilizarse de forma arbitraria debido a que esta sujeto a ajustes de calibración.

En las ordenadas se registra la deformación del aislamiento, sus valores no se alteran por las pesas de la escala que se este utilizando.

Como la línea de las ordenadas da los valores de deformación del aislamiento bajo prueba y estos están relacionados con el desplazamiento constante de la mordaza móvil de la máquina de tensión y un engranaje que desplaza el porta-papel. Entonces podemos medir la deformación final ( $L_r$ ) directamente de la curva dibujada tomando en cuenta la relación de engranaje que es de 4:1, es decir, por 4 unidades de desplazamiento de la mordaza móvil se tendrá una unidad de desplazamiento del porta-papel.

La forma de medir la elongación del aislamiento por medio de este procedimiento es una alternativa más.

### **PRECAUCIÓN:**

Al colocar o cambiar una hoja del porta-papel, por ningún motivo se pulse el interruptor de ignición o "interruptor pulsador", debido a que este trabaja con una **ALTA TENSIÓN de 6 000 V.**

La diferencia de potencial se encuentra entre la punta del grafito y la placa metálica aterrizada, es recomendable desenergizar el equipo con el interruptor del tablero general antes de colocar o cambiar la hoja del porta-papel.

- 13) Por último se debe comparar los resultados obtenidos de la prueba, con los valores especificaciones en la NOM-063, la cual indica los requisitos mínimos que debe cumplir los aislamientos de los conductores eléctricos, comprobando si cumple o no con la norma.

## **6.1.7 Cálculos**

### **6.1.7.1 Alargamiento por tensión a la ruptura**

Para determinar el porcentaje de alargamiento o elongación del aislamiento se usa la siguiente fórmula:

$$L = [(L_r - L_o)/L_o] \times 100$$

Donde:

L = Es el alargamiento, en %.

$L_r$  = Es la distancia entre marcas de prueba en el momento de la ruptura, en mm.

$L_o$  = Distancia original entre marcas, en mm.

### 6.1.7.2 Área de la sección transversal del aislamiento

a) Para muestras tubulares:

$$S = \pi (D^2 - d^2) / 4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Donde:

S = Área de la sección transversal, en  $\text{mm}^2$ .

D = Diámetro exterior de la muestra, en mm.

d = Diámetro interior de la muestra, en mm.

b) Para muestras en probetas tipo moño:

$$S = a \cdot e$$

Donde:

S = Área de la sección transversal, en  $\text{mm}^2$ .

a = Espesor de la probeta, en mm.

e = Ancho de la probeta en mm.

### 6.1.7.3 Esfuerzo de tensión a la ruptura

$$E = P/S$$

Donde:

E = Esfuerzo de tensión a la ruptura Kg/mm<sup>2</sup>.

P = Carga máxima soportada por el espécimen en kg.

S = Área de la sección transversal en mm<sup>2</sup>.

### 6.1.8 Reporte

El informe debe incluir como mínimo lo siguiente datos:

- a) Nombre del Laboratorio responsable.
- b) Descripción del producto.
- c) Identificación de las máquinas utilizadas.
- d) Área de la sección transversal de los especímenes probados.
- e) Carga de ruptura de los especímenes probados.
- f) Valores individuales y promedio obtenidos en los especímenes, para ambas propiedades físicas.
- g) Temperatura ambiente a la cual se realizó la prueba.
- h) Comentarios y Observaciones sobre los resultados obtenidos.
- i) Fecha de realización de la prueba.

## **6.2 DEFORMACIÓN PERMANENTE EN LOS AISLAMIENTOS Y CUBIERTAS PROTECTORAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

### **6.2.1 Objetivo**

Determinar la deformación en los aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos después de haber sido sometidos a un alargamiento determinado.

### **6.2.2 Alcances**

El presente método puede ser utilizado en aislamientos y cubiertas protectoras de materiales termoplásticos y termofijos tomando en cuenta que la carga de ruptura máxima de la máquina de tensión tipo péndulo es de 138 Kg (300 lb).

### **6.2.3 Normas de Referencia**

Para una mejor comprensión de este método debe consultarse las siguientes Normas:

NMX-J-178-ANCE Determinación del esfuerzo de tensión a la ruptura y alargamiento de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras.

NMX-J-183-ANCE Deformación permanente en aislamientos y cubiertas protectoras.

#### **6.2.4 Aparatos y Equipos**

Los aparatos y equipos necesarios para esta prueba son los utilizados en la sección 6.1.4, más un cronómetro.

#### **6.2.5 Preparación del Espécimen**

La forma de obtener y acondicionar los especímenes para este procedimiento de prueba es el indicado en el 6.1.5 para la prueba de tensión mecánica a la ruptura.

#### **6.2.6 Procedimiento de Prueba**

- a) En el espécimen seleccionado, se marcan dos líneas paralelas equidistantes del centro del espécimen separadas entre sí por 50 mm, igual que en la figura 6.1 del procedimiento de prueba anterior.

- b) Se coloca el espécimen entre las mordazas de la máquina de tensión.
- c) La separación entre las mordazas debe ser de 100 mm como máximo.
- d) A una velocidad de la máquina (500 mm/min), se estira el espécimen hasta que las dos líneas marcadas en él se separen 150 mm, en ese instante se apaga el motor de la máquina de tensión de transmisión mecánica, dejando en tensión el espécimen durante 5 segundos.
- e) Después, se retira de las mordazas de la máquina de tensión y se coloca sobre una superficie plana y horizontal durante 60 segundos para permitir su recuperación.
- f) Al concluir un minuto de recuperación, inmediatamente se mide la distancia entre marcas y se registra ésta.

Como podrá observarse, a diferencia de los especímenes sometidos a la prueba de tensión mecánica 6.1 anterior, en este tipo de prueba no se lleva el espécimen al punto de ruptura, y en caso de que llegara a suceder se repite la prueba.

### **6.2.7 Cálculos**

Para determinar la deformación permanente se usa la siguiente fórmula:



$$D_p = [(L_d - L_o) / L_o] \times 100$$

Donde:

$D_p$  = Deformación permanente en %.

$L_d$  = Distancia entre marcas del espécimen después de 1 minuto de recuperación, en mm.

$L_o$  = Distancia original (50 mm).

### 6.2.8 Reporte

Los valores obtenidos se indican en un informe, el cual debe incluir como mínimo los siguientes datos:

- Descripción del producto.
- Valores individuales y promedios obtenidos en los especímenes.
- Temperatura ambiente a la cual se efectuó la prueba.
- Fecha.

## **6.3 RESISTENCIA AL RASGADO EN LAS CUBIERTAS PROTECTORAS DE MATERIAL ELASTÓMERO EN LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

### **6.3.1 Objetivo**

Establecer en probetas o especímenes tipo moño la resistencia al rasgado de las cubiertas protectoras hechas de elastómeros.

### **6.3.2 Alcance**

El presente método se aplica a las cubiertas de los conductores eléctricos tomando en cuenta lo siguiente:

- La carga de ruptura máxima de la máquina de tensión mecánica solo puede registrar hasta 138Kg (300lb).
- Solo existen 4 suajes disponibles en el laboratorio para obtener las probetas tipo moño.

### **6.3.3 Normas de Referencia**

Para una correcta aplicación de este método de prueba, es necesario consultar las siguientes Normas:

NMX-J-185-ANCE Determinación de la resistencia al rasgado en cubiertas protectoras de conductores eléctricos a base de elastómeros.

NMX-J-178-ANCE Determinación del esfuerzo, tensión a la ruptura y alargamiento de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.

NMX-J-177-ANCE Determinación de espesores de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.

#### **6.3.4 Aparatos y Equipos**

- La máquina de tensión tipo péndulo.
- Un calibrador vernier con resolución de 0,03 mm o menor.
- Un esmeril, para eliminar del espécimen toda clase de irregularidades superficiales.
- Suajes o sacabocados, ver las dimensiones en la tabla 3.1 capítulo 3.
- Máquina cortadora de muestras o prensa.

### **6.3.5 Preparación del Espécimen**

Es necesario contar con 6 especímenes, cada uno, tomados de una muestra del 1,50 m como mínimo de conductor eléctrico, que no haya sido dañada mecánica o térmicamente, ni sumergidos en agua, ni sometidos a tratamientos químicos.

#### **6.3.5.1 Espécimen de probeta tipo “moño”**

Los especímenes deben ser cortados uno a continuación del otro, es decir, del mismo tramo de conductor para la prueba, preparándolos como se indica a continuación:

- a) Se obtienen 6 especímenes de la muestra de conductor, con forme al procedimiento indicado en 6.1.5.2.
- b) De acuerdo con la norma NMX-J-185-ANCE, solo el dado tipo “B” cumple con las características necesarias indicadas en la misma, ver figura 6.3.1
- c) Cortar el espécimen a probar de acuerdo a la figura 6.3.1, con las dimensiones estipuladas y con espesor de 1,02 mm a 3,80 mm:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 6.3.1

Nota: acotaciones en milímetros.

### 6.3.6 Procedimiento de Prueba

- 1) Determinar el espesor de la probeta en la parte donde se va a efectuar el rasgado de acuerdo a la norma NMX-J-177-ANCE.
- 2) En el centro de la probeta y partiendo del extremo rectangular, se hace un corte longitudinal con navaja, hasta un punto distante de 3,80 mm del otro extremo. Separando en dos porciones a la probeta en esa longitud. Este corte está indicado por la línea punteada en la figura 6.3.1.
- 3) Una de las dos partes separadas de la probeta se fija en una de las mordazas de la máquina; la parte libre de la probeta se gira 180° en sentido longitudinal procurando que las 2 partes queden alineadas, y se coloca en la otra mordaza de la máquina.

- 4) A una velocidad de 500 mm por minuto (fijada en la máquina de tensión tipo péndulo), se separan las mordazas de la máquina hasta rasgar la probeta y se anota la carga que registre la máquina.
- 5) Para finalizar se obtiene el promedio aritmético de la resistencia al rasgado de los 6 resultados obtenidos de cada probeta bajo prueba.

### 6.3.7 Cálculos

Para determinar la resistencia al rasgado se usa la fórmula siguiente:

$$R_r = P / e$$

Donde:

$R_r$  = Resistencia al rasgado, en Kg / mm.

$P$  = Fuerza de la máquina para tensión mecánica en Kg, registrada en el momento que se rasgó la probeta.

$e$  = Espesor de la probeta en mm.

### **6.3.8 Reporte**

El informe debe incluir como mínimo:

- El valor promedio de la resistencia al rasgado en Kg/mm.
- Temperatura a la cual se efectuó la prueba.
- Información suficiente para identificar la muestra.
- Tipo de aparato empleado en la determinación.
- Fecha de vulcanización del material, si es conocida.
- Observaciones y fecha del cálculo.

## **6.4 ENVEJECIMIENTO ACELERADO A PANTALLAS SEMICONDUCTORAS, AISLAMIENTOS Y CUBIERTAS PROTECTORAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

### **6.4.1 Objetivo**

Establecer el método de prueba para determinar el esfuerzo y alargamiento por tensión a la ruptura de materiales aislantes, después de ser sometidos a períodos determinados de envejecimiento acelerado por calentamiento en horno de convección forzada.

### **6.4.2 Alcances**

Este método de prueba solo es aplicable a las pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras que se basan en materiales termoplásticos o termofijos.

### **6.4.3 Normas de Referencia**

Para la correcta utilización de esta norma es necesario consultar y aplicar la siguientes Normas Mexicanas:



- NMX-J-186-ANCE Envejecimiento acelerado a las pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas.
- NMX-J-178-ANCE Determinación del esfuerzo de tensión a la ruptura y alargamiento de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.
- NMX-J-417-ANCE Hornos de convección forzada para pruebas de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.

#### **6.4.4 Aparatos y Equipos**

- El Horno de convección forzada.
- Termómetro de 0 a 150 °C mínimo.
- Además de los aparatos y equipos establecidos en 6.1.4.

#### **6.4.5 Preparación del Espécimen**

- a) Tomar del conductor eléctrico una muestra de longitud de 1,50 a 2,00 m como mínimo para la realización de la prueba, la cual debe estar libre de defectos físicos y no haber sido sujeta a maltrato o alargamiento previo.

- b) De la muestra se toman 6 tramos de conductor, de acuerdo a la preparación del espécimen del procedimiento 6.1.5, los especímenes no deben someterse a calentamiento, inmersión en agua o tratamientos mecánicos y/o químicos, antes de la realización de la prueba.
- c) Tres especímenes (en estado natural), se utilizan para determinar el esfuerzo y alargamiento por tensión a la ruptura, de acuerdo al procedimiento 6.1.6, los otros tres especímenes se disponen para el envejecimiento acelerado sometiéndolos a periodos de calentamiento con el horno de convección forzada.
- d) Antes de someter los especímenes al envejecimiento acelerado, se realizan mediciones físicas con el objeto de calcular el área de su sección transversal, de acuerdo con procedimiento 6.1.7.2.

#### **6.4.6 Procedimiento de Prueba**

Las muestras a probar se deben preparar con media hora de anticipación como mínimo, independientemente del tiempo que se necesita para realizar las pruebas cuando ya se tienen los especímenes listos para su utilización y los equipos "acondicionados".

De acuerdo con las especificaciones que nos marca la norma NOM-063, el tiempo de envejecimiento acelerado es de 120 a 168 horas dependiendo del tipo de aislamiento del conductor. Esto es independiente al tiempo de precalentamiento del horno de circulación forzada de aire.

- 1) Verificar que se tienen los seis especímenes a probar del mismo tipo de aislamiento.
- 2) Iniciar el precalentamiento del horno con circulación forzada de aire. marca CAISA ALFEY de la siguiente forma:
  - Energizar el equipo con el interruptor del tablero general.
  - Colocar el selector de tres posiciones, en la posición que indica banco de resistencias.
  - Observar que se inicia el funcionamiento del motor de inducción para la ventilación forzada, iluminándose un foco piloto rojo.
  - Para los especímenes a probar, ajustar la temperatura de prueba.
  - Ajustar el tiempo de precalentamiento a 60 minutos, con el reloj colocado al centro del equipo.
  - Observar que un segundo y tercer foco piloto se enciende indicando el funcionamiento del reloj y las resistencias eléctricas del interior del horno.

- Observar el incremento de temperatura por medio de un termómetro que se debe colocar en la parte lateral derecha del equipo o en la parte superior.
  - Si la temperatura alcanzó el valor establecido, verificar en que momento se energizan nuevamente las resistencias eléctricas del horno (al prender el tercer foco piloto) y determinar el rango de variación de la temperatura para su aceptación y registro.
  - En caso contrario que no se haya llegado a la temperatura deseada especificada por norma, incrementar con la perilla de selección de 10 a 15 grados más, con esto se inicia el aumento de temperatura.
  - Observar en el termómetro que no se sobrepase el valor al que se quiere llegar.
  - Al llegar al valor de temperatura deseado del horno, girar en sentido anti-horario la perilla de temperatura hasta lograr desenergizar las resistencias eléctricas, y apagarse el tercer foco piloto.
  - Por último, al tener el valor de temperatura deseado del horno esperar de 10 a 15 minutos para que la temperatura de prueba en el interior de la cámara se mantenga estable en un rango de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ .
- 3) Colocar 3 especímenes dentro del Horno para la prueba de envejecimiento acelerado, cuidando de que no tengan contacto entre sí, o con las paredes del horno.

- 4) Colocar el porta-muestras los especímenes dentro del Horno para la prueba de envejecimiento acelerado. La rejilla porta-muestras esta diseñada para que los especímenes no tengan contacto entre si, o con las paredes del horno.
- 5) El periodo y temperatura de envejecimiento de cada tipo de material se especifica en la norma NOM-063, a manera de ejemplo se muestran algunos valores en la tabla 6.4.1.

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDADES	60°C	75°C	75°C	90°C	75°C y 90°C
		TW	THW THW-LS	THWN <sup>3</sup>	THWN <sup>3</sup>	THWN THHW -LS
ENVEJECIMIENTO EN HORNO	h/°C	168/100	168/121	168/121	168/136	168/136
Retención, para espécimen tubular, mínimo	%	65	75	75	75	75
Retención, para Espécimen tipo probeta, mínimo	%	65	50	65	65	65
<b>Notas:</b>						
La tolerancia en las temperaturas de las prueba es de $\pm 1^\circ\text{C}$ .						
(3) Probar sin nylon.						

Tabla 6.4.1

- 6) Con el objeto de evitar contaminaciones debidas a la migración de los componentes plastificantes en los aislamientos de los conductores eléctricos, no deben realizarse simultáneamente envejecimientos de compuestos diferentes, en el mismo horno.

- 7) Una vez terminado el período de envejecimiento, retirar los especímenes del horno y dejarlos reposar a temperatura ambiente de entre 20 °C y 28 °C, por período de 16 horas a 96 horas antes de hacer la determinación de sus propiedades físicas.
- 8) Transcurrido el periodo de reposo, juntar los 3 especímenes sometidos a envejecimiento acelerado con los otros 3 sin envejecer del mismo material aislante.

**Nota:** Es importante no revolver los especímenes de prueba, teniéndolos plenamente identificados antes de dar inicio a la prueba de tensión mecánica.

- 9) Someter los seis especímenes a la prueba de tensión mecánica de acuerdo al procedimiento 6.1 y determinar el promedio aritmético de los resultados en los tres especímenes sin envejecimiento y los tres con envejecimiento.

#### **6.4.7 Cálculos**

Para el esfuerzo y alargamiento por tensión a la ruptura, se calcula el porciento de retención con respecto a los valores de los especímenes de material sin envejecer, mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Retención} = A/B \times 100$$

Donde:

- A: Es el promedio aritmético de los valores obtenidos en los especímenes envejecidos con el horno.
- B: Es el promedio aritmético de los valores obtenidos en los especímenes sin envejecer.

#### **6.4.8 Reporte**

El informe de resultados debe contener como mínimo los siguientes datos:

- Descripción del producto.
- Identificación de la máquina.
- Área de la sección transversal.
- Temperatura de prueba y duración del período de envejecimiento.
- Valores individuales y promedios obtenidos en los especímenes sin envejecer y envejecidos, para ambas propiedades físicas.
- El porcentaje de retención calculado, para ambas propiedades físicas.
- Fecha de realización de la prueba.
- Observaciones.

## **6.5 RESISTENCIA AL CHOQUE TÉRMICO AL AISLAMIENTOS Y CUBIERTAS PROTECTORAS DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) EN LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

### **6.5.1 Objetivo**

Establecer el método de prueba para verificar la resistencia al choque térmico en los aislamientos y cubiertas protectoras de PVC.

### **6.5.2 Alcances**

Se aplica a todo tipo de conductor eléctrico, siempre y cuando:

- El aislamiento sea de PVC.
- El conductor eléctrico de acuerdo al diámetro del mandril.

### **6.5.3 Normas de Referencia**

Este método de prueba se complementa con las siguientes normas:



- NMX-J-190-ANCE Resistencia al choque térmico de aislamientos y cubiertas protectoras de PVC.
- NMX-J-417-ANCE Hornos de convección forzada para prueba de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.
- NMX-J-10-ANCE Conductores con aislamiento termoplástico basado en el policloruro de vinilo, para instalaciones hasta 600 V.

#### 6.5.4 Aparatos y Equipos

- Horno de convección forzada.
- Termómetro.
- Mandril con superficie lisa con diámetro de acuerdo al tipo de conductor bajo prueba y especificado en las tablas 6.5.1 y 6.5.2.

Área de la sección transversal del conductor en mm <sup>2</sup> a 20 °C	Calibre del conductor AWG o KCM	Diámetro máximo del mandril	Número de vueltas
8.37 y menores	8 y menores	1d	6
13.3 a 33.6	6 a 2	2d	6
42.4	1	2d	1
53.5 a 107	1/0 a 4/0	2d	½ (2)
127 y mayores	250 y mayores	5d	½ (2)
<b>Cables para alumbrado público</b>			
8.37, 13.3 y 21.2	8, 6 y 4	2d	6
Notas:			
d: Es el diámetro del conductor aislado en mm.			
(2): Doble en "U" a 180°.			

**Tabla 6.5.1 Diámetro de mandril para la prueba de aislamiento**

Diámetro sobre la cubierta del conductor en mm	Diámetro máximo del mandril	Número de vueltas
hasta 19.0	3D	6
19.1 a 38.0	8D	½ (2)
38.1 y mayores	12D	½ (2)
Notas:		
D: Es el Diámetro sobre cubiertas en mm.		
(2): Doble en "U" a 180°.		

**Tabla 6.5.2, Diámetro del mandril para la prueba de cubiertas**

### **6.5.5 Preparación del Espécimen**

- a) Es necesario contar con 3 especímenes, cada uno tomados de una muestra de 1,50 m como mínimo de conductor eléctrico aislado, que no haya sido dañado mecánica o térmicamente, ni sumergidos en agua, ni sometidos a tratamientos químicos.
- b) Para probar el aislamiento, se retira la cubierta si la tuviera, el espécimen para la prueba solo debe ser el conductor de cobre y su aislamiento. Si la muestra consta de más de un conductor, los especímenes para la prueba deben ser cada uno de los conductores aislados por separado.
- c) Para probar cubiertas, el espécimen debe ser la muestra completa, es decir, los conductores de cobre, el aislamiento y su cubierta.

### **6.5.6 Procedimiento de Prueba**

- Se precalienta el horno de circulación forzada de aire marca CAISA ALFEY de acuerdo al procedimiento de prueba 6.4.6 inciso dos, a una temperatura de 121°C.

- Los especímenes se enrollan helicoidalmente alrededor del mandril o se doblan en “U”. Se debe sujetar firmemente el espécimen para que no se desenrolle. En las tablas 6.5.1 y 6.5.2 se indican los diámetros de los mandriles y el número de vueltas.
- Se introduce en la cámara precalentada del horno el espécimen enrollado y sujeto al mandril, el cual debe permanecer durante una hora a 121°C.
- Finalmente, se saca de la cámara del horno el espécimen y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente.

#### **6.5.7 Análisis de la Prueba**

El espécimen probado se inspecciona visual y manualmente para detectar la presencia de agrietamientos internos o externos.

Los agrietamientos internos se manifiestan por una ligera depresión en la superficie externa del material.

El espécimen no debe presentar fracturas ni grietas externas o internas.

### **6.5.8 Reporte**

El informe debe incluir como mínimo:

- Resultado de la prueba.
- Temperatura y tiempo de prueba.
- Identificación de la muestra.
- Observaciones y fecha de reporte.

## **6.6 FLEXIBILIDAD EN LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS AISLADOS CON POLICLORURO DE VINILO (PVC)**

### **6.6.1 Objetivo**

Establecer el método de prueba para verificar la flexibilidad de los aislamientos de los conductores eléctricos.

### **6.6.2 Alcance**

Los conductores que se someten a la prueba son aquellos con aislamiento de PVC, en los tipos:

- a) TW
- b) THWN
- c) THW
- d) TN

### **6.6.3 Normas de Referencia**

Este procedimiento de prueba se complementa con las siguientes normas mexicanas:

NMX-J-189-ANCE Flexibilidad de conductores eléctricos aislados con PVC.

NMX-J-10-ANCE Conductores con aislamiento termoplástico basado en policloruro de vinilo, para instalaciones hasta 600 V.

NMX-J-186-ANCE Envejecimiento acelerado en horno a pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.

NMX-J-417-ANCE Hornos de convección forzada para pruebas de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos. Características y calibración.

#### **6.6.4 Aparatos y Equipos**

- Horno de convección forzada.
- Micrómetro con aproximación de 0,01 mm.
- Mandriles con superficie lisa y con diámetros de acuerdo a la tabla 6.6.1.

<b>DESIGNACIÓN DEL CONDUCTOR</b>		
<b>Área de la sección transversal nominal mm<sup>2</sup></b>	<b>Calibre AWG o KCM</b>	<b>Diámetro del mandril mm</b>
2.082	14	8
3.307	12	9
5.260	10	14
8.367	8	17
13.30	6	32
21.15	4	35
26.67	3	37
33.62	2	40
42.41	1	68
53.48	1/0	73
67.43	2/0	76
85.01	3/0	83
107.2	4/0	89
126.7	250	160
152.0	300	171
177.3	350	182
202.7	400	191
228.0	450	201
253.4	500	209
2.78.7	550	280
304.0	600	290
329.4	650	299
354.7	700	308
380.0	750	317
405.4	800	326
456.0	900	342
506.7	1000	357

**Tabla 6.6.1**



### 6.6.5 Preparación del Especimen

Es necesario contar con 3 especímenes, de 15 cm cada uno, tomados de una muestra de 0,45 m como mínimo de conductor eléctrico aislado, que no haya sido dañada mecánica o térmicamente, ni sumergida en agua, ni sometida a tratamientos químicos.

### 6.6.6 Procedimiento de Prueba

- a) Los especímenes se introducen en la cámara del horno previamente calentada siguiendo el procedimiento 6.4.6 inciso dos, precalentamiento del horno de convección forzada a la temperatura especificada en la tabla 6.6.2, para el envejecimiento.

TIPO DE AISLAMIENTO	TEMPERATURA EN °C	HORAS EXPUESTO EN EL HORNO
TW	100 ± 1	168
THW, THWN	121 ± 1	168
THHN	136 ± 1	168

**Tabla 6.6.2**

- b) Al terminar el período de envejecimiento, se retiran los especímenes del horno y se colocan sobre una superficie plana y se les deja reposar por un período de 16 a 96 horas.
- c) De la tabla 6.6.1, seleccionar el diámetro del mandril correspondiente en función de la sección nominal del conductor.
- d) Para conductores a temperatura ambiente y con sección transversal nominal menor o igual a 85,01 mm (3/0 AWG), se deben enrollar helicoidalmente 4 vueltas en forma adyacente, a razón de 4 segundos por vuelta. Para conductores con sección transversal nominal de 107,2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) y mayores, se les debe dar un dobléz en “U”, de modo que la muestra haga contacto con el mandril cuando menos 180°.

### **6.6.7 Análisis de la Prueba**

Los especímenes probados se inspeccionan manual y visualmente para determinar si existen fracturas o grietas internas o superficiales.

El agrietamiento interno se detecta por una depresión en la superficie exterior.

El espécimen no debe presentar fracturas ni grietas externas o internas.

### **6.6.8 Reporte**

El informe debe incluir como mínimo los siguientes datos:

- Descripción del producto.
- Temperatura y duración del envejecimiento.
- Temperatura ambiente al momento de realizar la prueba.
- Datos de los mandriles empleados.
- Resultado de la prueba.
- Observaciones y fecha de elaboración de la prueba.

## **6.7 DETERMINACIÓN DE ALARGAMIENTO EN CALIENTE Y DEFORMACIÓN PERMANENTE APLICABLE A AISLAMIENTOS DE ETILENO PROPILENO Y POLIETILENO DE CADENA CRUZADA**

### **6.7.1 Objetivo**

Determinar el alargamiento en caliente y deformación permanente de los aislamientos de los conductores eléctricos.

### **6.7.2 Alcance**

Es aplicable a los aislamientos a base de etileno propileno y polietileno de cadena cruzada.

### **6.7.3 Norma de Referencia**

Este método se complementa con las siguientes normas:

NMX-J-432-ANCE Determinación del alargamiento en caliente y deformación permanente en aislamientos de etileno propileno y polietileno de cadena cruzada.

NMX-J-178-ANCE Determinación del esfuerzo, tensión a la ruptura y alargamiento de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.

NMX-J-417-ANCE Hornos de convección forzada para pruebas de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 6.7.4 Aparatos y Equipos

- Horno de circulación forzada de aire.
- Soporte para fijación de especímenes o muestras, ver figura 6.7.1.
- Cronómetro para medir el tiempo transcurrido durante la prueba.

- 1 Aditamento de sujeción superior.
- 2 Espécimen o muestra.
- 3 Aditamento de sujeción inferior.
- 4 Recipiente.
- 5 Masa adicionada.
- 6 Escala graduada.
- 7 Base del aparato.
- 8 Soporte vertical.
- 9 Espaciador.

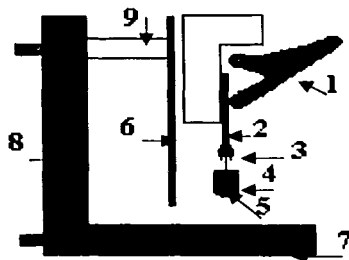


Figura 6.7.1 Aparato de soporte

### 6.7.5 Preparación del Espécimen

- a) Tomar una muestra del cable por probar de aproximadamente 60 cm de longitud del cual se obtienen 3 especímenes que se preparan como sigue de acuerdo a la norma NMX-J-178-ANCE.
- b) Determinar la masa total por aplicar en el espécimen, de acuerdo a la fórmula 6.7:

$$M = A \times E$$

Fórmula 6.7.1

Donde:

M: Es la masa por aplicar al espécimen en gramos.

A: Es el área de la sección transversal del espécimen en  $\text{mm}^2$ .

E: Es la distribución de masa por unidad de área y es igual a  $20,4 \text{ g/mm}^2$ .

### 6.7.6 Procedimiento de Prueba

- 1) Las pruebas deben realizarse a una temperatura ambiente de  $15^\circ\text{C}$  hasta  $45^\circ\text{C}$ .
- 2) Precalear el horno una hora a  $150^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

- 3) Montar el espécimen en el soporte de fijación con una separación no mayor de 100 mm entre los aditamentos de sujeción y colocar la masa en el recipiente inferior.
- 4) Colocar el soporte con el espécimen dentro del horno y cerrar la puerta inmediatamente para evitar cambios de temperatura en el interior del horno.
- 5) Medir el alargamiento después de 15 minutos con el espécimen en el interior del horno a la temperatura especificada. Si el horno no tiene ventana, se puede abrir la puerta para hacer la medición y cerrarla después, en un tiempo no mayor de 30 segundos.
- 6) Después de realizar la prueba de alargamiento en caliente y sin sacar el espécimen del horno, cortar rápidamente el espécimen en su parte inferior con el objeto de liberar el recipiente, dejando el espécimen dentro del horno durante 5 minutos suspendido del aditamento de sujeción.
- 7) Posteriormente retirar el espécimen del horno y dejarlo enfriar a temperatura ambiente durante una hora.
- 8) Pasado ese tiempo, se efectúa la medición del alargamiento remanente entre marcas.

### **6.7.7 Cálculos**

Los cálculos del alargamiento en caliente y deformación permanente se determinan de acuerdo con la NMX-J-178-ANCE o de acuerdo al procedimiento 6.1:7 y 6.2:7.

### **6.7.8 Reporte**

El informe de resultados debe contener como mínimo los siguientes datos:

- Nombre del laboratorio responsable.
- Descripción del producto.
- Identificación del equipo utilizado para realizar la prueba.
- Datos de las mediciones y resultados.
- Masa y área de la sección transversal.
- Temperatura ambiente en el momento de efectuar la prueba.
- Temperatura de prueba.
- Comentarios y observaciones sobre los resultados obtenidos.
- Fecha de realización de la prueba.



## **6.8 DOBLEZ EN FRÍO DE AISLAMIENTOS Y CUBIERTAS PROTECTORAS**

### **6.8.1 Objetivo**

Verificar a baja temperatura, la flexibilidad de los aislamientos y/o cubiertas protectoras de los conductores eléctricos.

### **6.8.2 Alcance**

El espécimen seleccionado se someterá a la prueba de flexibilidad a baja temperatura, teniendo como limitante:

- a) El tamaño del “mandril” a utilizar para flexionar el espécimen.
- b) La prueba se hace al aislamiento (material termoplástico) del conductor.

### **6.8.3 Normas de Referencia**

Este procedimiento se basa en las siguientes normas:

**NMX-J-193-ANCE Dobleza en frío de aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.**

**NMX-J-177-ANCE Determinación de los espesores de pantallas semiconductoras, aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos.**

**6.8.4 Equipos**

- Horno Refrigerador.
- “Mandril” con superficie lisa y ambos extremos redondeados, de diámetro según corresponda a su aislamiento y calibre del espécimen.
- Micrómetro con aproximación de 0,03 mm. En su defecto se puede utilizar el vernier.
- Termómetro con rango de temperaturas bajas, mínimo 15°C bajo cero.

**6.8.5 Preparación del Espécimen Bajo Prueba**

- I. Se toma una muestra longitudinal del conductor eléctrico dependiendo del diámetro del “mandril”, ver tablas 6.7.1, 6.7.2 y 6.7.3.

Designación		Área de la sección transversal del conductor mm <sup>2</sup>	Diámetro del mandril mm	Número de vueltas	Longitud del cable en cm.	
mm <sup>2</sup>	AWG ó KCM				Mín	Máx
	18	0,821	7,9	6	15	20
1		0,970	7,9	6	15	20
	16	1,307	7,9	6	15	20
1,5		1,490	7,9	6	15	20
	14	2,080	12,7	6	24	30
2,5		2,470	12,7	6	24	30
	12	3,310	14,3	6	27	32
4		3,970	14,3	6	27	32
	10	5,260	15,9	6	30	35
6		5,950	15,9	6	30	35
	8	8,370	19	6	36	41
10		9,580	19	6	36	41
	6	13,300	32	6	61	66
16		15,900	32	6	61	66
	5	16,770	32	6	61	66
	4	21,150	35	6	66	71
25		25,400	35	6	66	71
	3	26,600	35	6	66	71
	2	33,600	40	6	76	81
35		34,400	40	6	76	81
	1	42,400	68	6	129	134
	1/0	53,500	73	6	138	143
	2/0	67,400	76	6	144	149
70		69,000	76	6	144	149
	3/0	85,000	83	6	157	162
		93,300	83	6	157	162
	4/0	107,200	89	1/2 (3)	14	20

**Tabla 6.7.1**

Continuación de la tabla 6.7.1

Designación		Área de la sección transversal del conductor mm <sup>2</sup>	Diámetro del mandril mm	Número de vueltas	Longitud del cable en cm.	
mm <sup>2</sup>	AWG ó KCM				Mín	Máx
120		119,800	89	1/2 (3)	14	20
	250	126,700	8 D(4)	1/2 (3)	19	25
150		147,100	8 D(4)	1/2 (3)	19	25
	300	152,000	8 D(4)	1/2 (3)	21	26
	350	177,300	8 D(4)	1/2 (3)	22	27
185		182,900	8 D(4)	1/2 (3)	23	28
	400	202,700	8 D(4)	1/2 (3)	24	29
240		239,400	8 D(4)	1/2 (3)	26	31
	500	253,400	8 D(4)	1/2 (3)	26	31
240		239,400	8 D(4)	1/2 (3)	26	31
	500	253,400	8 D(4)	1/2 (3)	26	31
300		299,400	10 D(4)	1/2 (3)	36	41
	600	304,000	10 D(4)	1/2 (3)	36	41
	700	354,700	10 D(4)	1/2 (3)	39	45
	750	380,000	10 D(4)	1/2 (3)	39	45
400		389,100	10 D(4)	1/2 (3)	41	46
	800	405,400	10 D(4)	1/2 (3)	42	47
500		490,600	10 D(4)	1/2 (3)	46	51
	1000	506,700	10 D(4)	1/2 (3)	46	51
Cables para alumbrado serie, todos los calibres			5 D(4)	½ (3)		

<b>Conductores aislados con polietileno</b>			
<b>Diámetro exterior del espécimen en mm.</b>	<b>AWG 6 KCM</b>	<b>Diámetro del mandril en mm</b>	<b>Número de vueltas</b>
menor de 12,7	3/0	3 (D + d)	6
de 12,7 a 25,4	4/0 a 380	5 (D + d)	6
de 25,5 a 38,1	400 a 810,7	7 (D + d)	6
de 38,2 a 51,0	861,4 a 1 520	9 (D + d)	6

**Tabla 6.7.2**

<b>Conductores con cubiertas de PVC</b>		
<b>Diámetro exterior del espécimen mm</b>	<b>Diámetro del mandril mm</b>	<b>Número de vueltas</b>
Hasta 20,3	8D	6
de 20,4 y mayores	10D	6

**Tabla 6.7.3**

**Notas:**

- 1) D = Es el diámetro exterior del espécimen en mm y  
d = Es el diámetro del conductor desnudo en mm.
- 2) El diámetro del "mandril" está especificado por la norma NMX-J-193-ANCE.
- 3) La longitud mínima a utilizar está calculada tomando como base el valor del diámetro del "mandril" y el número de vueltas necesarias que se requieren para enrollarlas sobre este.

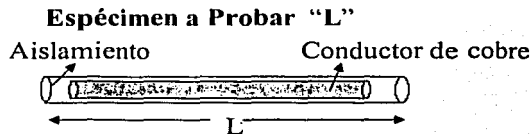
Longitud del conductor:

Perímetro circular ( $P = \pi D$ )

Como son 6 vueltas, entonces:  $L = 6\pi D$  se debe adicionar de 5 a 6 cm más para poder sostener los extremos sobre el "mandril".

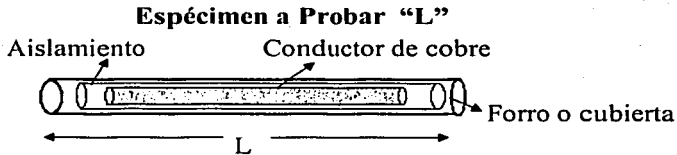
4) Doble en "U" a  $180^\circ$ , para estos casos la longitud del conductor se calcula como;  $L = \frac{1}{2} \pi D$ .

II. Para la prueba de doblez en frío del aislamiento de los conductores eléctricos, la muestra esta formada por el conductor de cobre y su aislamiento, ver figura 6.7.1.



**Figura 6.7.1**

III. Para la prueba de doblez en frío de la cubierta protectora o forro de los conductores eléctricos, la muestra esta formada por el conductor de cobre, su aislamiento y también su forro o cubierta protectora, ver figura 6.7.2



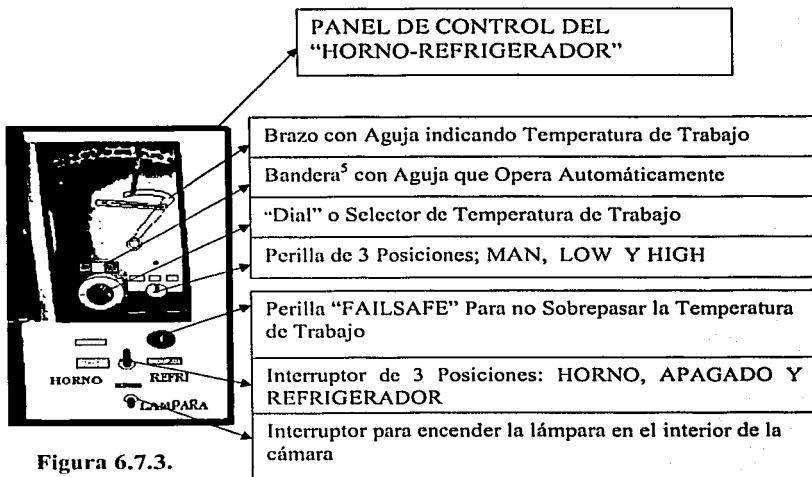
**Figura 6.7.2**

### **6.8.6 Utilización del Horno-Refrigerador**

La cámara de refrigeración también puede ser utilizado como horno, dependiendo del interruptor selector de 3 posiciones (horno, apagado, y refrigerador).

La posición de la palanca del interruptor determinara el funcionamiento del equipo y esta plenamente señalada con el nombre de la función y su respectivo foco piloto, ver figura 6.7.3.

Al seleccionar la función de la cámara, el interruptor de 3 posiciones No debe moverse durante el resto de la práctica.



**Nota:** La bandera tiene en su extremo derecho una franja roja con la leyenda HIGH, en el izquierdo una franja roja con la leyenda LOW y en el centro una franja blanca que al llegar la aguja a este lugar nos indica que la temperatura seleccionada para la prueba se encuentra muy próxima en el interior de la cámara del Horno-Refrigerador.

### 6.8.7 Preenfriar la Cámara del Refrigerador

1. Colocar la perilla de 3 posiciones, en la posición "MAN", el equipo actuara como refrigerador.



2. Ajustar la temperatura de prueba a 10°C bajo cero, con el Dial de selección de temperatura y el brazo con la aguja.
3. Mover el interruptor “selector de 3 posiciones” hacia la posición con la leyenda de refrigeración. Inmediatamente se debe observar que se ilumina un foco piloto, indicando que la cámara de refrigeración está energizada y funcionando como tal.
4. Ajustar el control “Failsafe” (interruptor automático limitador de temperatura para seguridad) al alcanzar la temperatura de 15°C bajo cero indicado por un termómetro analógico colocado en la parte frontal de la cámara, es decir, una vez que se haya alcanzado la temperatura de 15 grados bajo cero se moverá la perilla de “Failsafe” lentamente en la dirección del sentido de las manecillas del reloj, en el punto en donde el foco piloto con la leyenda “Failsafe”, llegue a encender.
5. Dejar 10 a 15 minutos aproximadamente para comprobar que la lectura en el termómetro analógico no varía en un rango de + 3°C, al alcanzar el punto de prueba de 10°C bajo cero que debe tener el interior de la cámara, manteniéndose estable durante el tiempo de prueba.

### **6.8.8 Procedimiento de Prueba**

- 1) El espécimen se introduce en la cámara refrigerante previamente acondicionada para la prueba. Los especímenes no deben tocarse ni con las paredes de la cámara refrigerante.
- 2) Se deja el espécimen en el interior de la cámara durante 1 hora a la temperatura de 10°C bajo cero. Empieza a contar el tiempo de prueba.
- 3) Al término del período de enfriamiento especificado, se saca el espécimen e inmediatamente se enrolla alrededor del “mandril”, de acuerdo al conductor eléctrico.
- 4) Los especímenes con sección igual o mayor de 107,2 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG), se doblan sobre el “mandril” en forma de “U” o en ángulo de 180 grados.
- 5) La velocidad de enrollado debe ser uniforme y no debe emplearse más de un minuto en esta operación.
- 6) Para finalizar, se desenrolla el espécimen del “mandril” y se analiza visualmente la superficie para detectar grietas o fisuras en la superficie de la muestra, en caso afirmativo el espécimen no pasa la prueba.

### **6.8.9 Informe de la Prueba**

En el informe se debe proporcionar los siguientes datos:

- Temperatura ambiente a la cual se efectuó el dobléz.

- **Tiempo y temperatura de enfriamiento.**
- **Diámetro del mandril.**
- **Especificaciones del conductor.**
- **Resultados de la prueba, Observaciones y fecha de elaboración.**

## **6.9 RESISTENCIA, RESISTIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

### **6.9.1 Objetivo**

Establecer el método de prueba para determinar la resistencia, resistividad y conductividad eléctrica de los conductores eléctricos.

### **6.9.2 Alcance**

Este procedimiento determina la resistencia, resistividad y conductividad eléctrica de materiales metálicos (conductores eléctricos).

### **6.9.3 Documento de Referencia**

NMX-J-212-ANCE Resistencia, Resistividad y Conductividad Eléctrica.

NMX-J-066-ANCE Determinación de diámetros en conductores eléctricos desnudos.

NMX-J-129-ANCE Determinación del área de la sección transversal de conductores eléctricos cableados, en función de su masa.

#### **6.9.4 Equipo Utilizado**

- a) Puente de Wheatstone.
- b) Puente de Kelvin.
- c) Termómetro (de 0 a 50°C).

#### **6.9.5 Preparación de los Especímenes**

##### **6.9.5.1 Resistencia eléctrica**

- a) Para especímenes de alambres o cables desnudos, se debe cumplir con:
  - Longitud mínima de 1m entre contactos de potencial del equipo de medición.
  - Debe limpiarse los puntos de contactos, quedando exentos de grasa.
  - Dejar el espécimen a temperatura ambiente no menos de 15 minutos.
- b) Para especímenes de alambres o cables aislados, se debe proceder como se indica en el inciso anterior, retirando el aislamiento únicamente en los extremos de conexión.

### **6.9.5.2 Resistividad eléctrica**

- a) Longitud preferente de 1 m, pero nunca menor de 0,30 m entre los contactos de potencial del equipo de medición.
- b) Retirar el aislamiento, cuando menos en los extremos de conexión, teniendo cuidado de no afectar la sección transversal del conductor.
- c) Limpiar las puntas de contacto, quedando exentos de grasa.
- d) Dejar el espécimen a temperatura ambiente no menos de 15 min.

### **6.9.6 Procedimiento**

#### **6.9.6.1 Resistencia eléctrica**

- a) Determinar la resistencia eléctrica del conductor utilizando el puente de Kelvin. Si la resistencia del espécimen que se va a medir es mayor de  $1\Omega$ , puede usarse un puente de Wheatstone.
- b) Registrar la temperatura a la cual se realiza la medición de la resistencia.
- c) En los extremos del conductor de prueba, se conectan las terminales de intensidad de corriente.

- d) La distancia mínima de conexión de las terminales de potencial respecto a las de intensidad de corriente, es de:  $(1,5) \times (\text{Perímetro de la sección del espécimen})$ .
- e) Anotar la longitud del espécimen bajo prueba, existente entre la conexión de los contactos de potencias.

### **6.9.6.2 Resistividad volumétrica**

Determinar el área de la sección transversal correspondiente, de acuerdo con NMX-J-129-ANCE.

Calcular la resistividad volumétrica, aplicando la fórmula indicada en 6.9.7.3.

### **6.9.6.3 Resistividad de masa (gravimétrica)**

Determinar la masa y longitud total del espécimen de acuerdo con NMX-J-129-ANCE.

Calcular la resistividad de masa (gravimétrica), aplicando la fórmula indicada en 6.9.7.4.

## 6.9.7 Cálculos

### 6.9.7.1 Corrección de la resistencia por temperatura

Cuando la determinación de la Resistencia se realice a una temperatura distinta de 20°C, debe corregirse a 20°C, multiplicando el valor medido de la resistencia a la temperatura de medición por el Factor de Corrección ( $F_c$ ) por la temperatura correspondiente de acuerdo a la tabla 1 del anexo "A".

Los valores indicados en la tabla 1 del anexo "A", se obtienen utilizando la siguiente expresión.

$$F_c = 1 / \{1 + \alpha (t - T)\}$$

Donde:

$F_c$  = Factor de corrección.

$t$  = Temperatura a la cual se realiza la medición, en °C.

$T$  = Temperatura de referencia, en °C.

$\alpha$  = Es el Coeficiente de variación de la resistencia por temperatura de acuerdo al material correspondiente, el cual varía con la conductividad y la temperatura. Por ejemplo, para una conductividad de 100% de IACS a 20°C su valor es de 0,003 93 y para valores diferentes se calcula con la fórmula siguiente:



$$\alpha = \frac{l}{\frac{l}{c (0,003\ 93)} + t_1 - 20}$$

Donde:

$t_1$  = Es la temperatura inicial o de referencia.

$c$  = Es la conductividad en por unidad. Por ejemplo: 0,99 por unidad, equivale a 99%.

Para materiales no indicados en la tabla I del anexo "A" o para cualquier temperatura de referencia, pueden determinarse los factores de corrección, conociendo el valor de  $\alpha$  correspondiente y aplicando la misma fórmula.

### 6.9.7.2 Resistencia eléctrica por unidad de longitud

Se calcula con la fórmula:

$$R_L = R_c / L$$

Donde:

$R_L$  = Resistencia por Unidad de Longitud a 20°C, en  $\Omega/\text{km}$  o  $\Omega/\text{m}$ .

$R_c$  = Resistencia corregida a 20°C, en  $\Omega$ .

L = Es la longitud del conductor entre contactos de potencial en km o m, según se requiera.

### 6.9.7.3 Resistividad volumétrica

Para determinar la resistividad volumétrica a la temperatura de referencia de 20°C, primeramente se obtiene el diámetro del espécimen en prueba, siguiendo los pasos indicados en la NMX-J-66-ANCE, y con este valor se calcula el área de la sección transversal correspondiente.

Para los cables concéntricos compactos el área de la sección transversal se determina con el método indicado en NMX-J-129-ANCE, empleando el incremento nominal de masa debido al paso del cableado.

La Resistividad Volumétrica se calcula de la siguiente forma:

$$\rho = R_c \cdot \frac{A}{L} = R_L A$$

Donde:

$\rho$  = Resistividad volumétrica a 20°C en  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ .

R = Resistencia corregida a 20°C, en  $\Omega$ .

A = Área de la sección transversal, en  $\text{mm}^2$ .

L = Longitud del cable entre contactos de potencial, en m.

R<sub>L</sub> = Resistencia por unidad de longitud a 20°C.

#### 6.9.7.4 Resistividad de masa (gravimétrica)

Calcular con la siguiente formula

$$\delta = \frac{R_c M}{L L_m} = \frac{R_L M}{L_m}$$

En donde:

δ = Es la resistividad de masa (gravimétrica) a 20°C en Ω g/m<sup>2</sup>.

R<sub>c</sub> = Resistencia corregida a 20°C, en Ω.

M = Masa del espécimen de longitud L<sub>m</sub>.

L = Es la longitud del espécimen entre contactos de potencial, en metros.

L<sub>m</sub> = Longitud total del espécimen usada para determinar la masa (M), en metros.

### 6.9.7.5 Conductividad eléctrica

Calcular con la fórmula siguiente:

$$\gamma = \frac{\rho_{cp}}{\rho} \times 100 \quad \text{ó} \quad \gamma = \frac{\delta_{cp}}{\delta} \times 100$$

En donde:

$\gamma$  = Es la conductividad en % IACS.

$\rho$  = Es la resistividad volumétrica del Patrón Internacional para el Cobre Suave Recocido a 20°C (10 % IACS) que es de 0,017 241  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m.

$\rho_{cp}$  = Es la resistividad volumétrica a 20°C, en  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m.

$\delta$  = Resistividad de masa (gravimétrica) a 20°C en  $\Omega$  g/m<sup>2</sup>.

$\delta_{cp}$  = Resistividad de masa (gravimétrica) del patrón Internacional para el cobre suave o recocido a 20°C (100% IACS) que es de 0,15 328  $\Omega$  g/m<sup>2</sup>.

### **6.9.8 Valores Especificados**

Los valores especificados de la resistencia y resistividad eléctrica varían de acuerdo al tipo de conductor (cobre, aluminio, aleaciones, etc.), al temple de estos (duro, semiduro y suave) y al tipo del cableado (normal, combinado, combinado alternado, comprimido, compacto, tipo calabrote, cordones etc.). Dado lo anterior no se dan valores, pero estos se encuentran en la norma NOM-063.

### **6.9.9 Ejemplo**

En el anexo "D" se muestra un ejemplo de esta y otras pruebas realizadas a un cable de Aleación de Aluminio serie AA-8000.

### **6.9.10 Informe de Resultados**

Debe contener los datos solicitados en el formato de pruebas eléctricas de baja tensión, ver anexo "B".

## **6.10 ABSORCIÓN DE HUMEDAD EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

### **6.10.1 Objetivo**

Establecer el método de prueba para determinar la absorción de humedad de los materiales termoplásticos y termofijos empleados en aislamientos y cubiertas de conductores eléctricos.

### **6.10.2 Alcance**

La absorción de humedad se determina por el Método Eléctrico, este procedimiento aplica únicamente a cables de baja tensión con aislamiento (menos de 1 000 V) y se basa en el incremento de la capacitancia debida a la absorción de humedad del aislamiento.

### **6.10.3 Documento de Referencia**

NMX-J-40-ANCE Determinación de la absorción de humedad en aislamientos y cubiertas protectoras de conductores eléctricos - Método de prueba.

#### **6.10.4 Material y Equipo**

- a) Puente RCL que aplique una señal senoidal a una frecuencia de 60 Hz o 1 000 Hz y con una tensión máxima de 10 Volts.
- b) Tina con capacidad suficiente para contener el espécimen sumergido en agua.

#### **6.10.5 Preparación de Especímenes**

- La determinación se hace en cables monoconductores aislados.
- El espécimen se constituye por un tramo de 3,5 m de longitud, si la norma del producto no establece otra. Cuidar que no se dañe ni maltrate la muestra.
- Retirar las pantallas y cubiertas incluso el nylon, si las tuviera.
- Se retiran de 3 cm a 8 cm en un extremo del cable para hacer las conexiones.

- Se introduce el cable aislado en una tina con agua, la cual debe estar a la temperatura que establezca la norma de cada producto (normalmente es a: temperatura ambiente, 50°C o 75°C). Dejar fuera del agua los extremos del cable de tal forma que la longitud sumergida, que es la efectiva para las mediciones, sea de 3,0 m o la que establezca la norma del producto.
- Se coloca una tapa al recipiente para formar una cámara lo más hermética posible con el espécimen, manteniendo las puntas por fuera y conservando constante el nivel del agua. El espécimen debe permanecer en esas condiciones durante 14 días.

#### **6.10.6 Procedimiento de Prueba**

- Después de 1 día (24 horas) de inmersión del espécimen en agua a la temperatura especificada por la norma del producto, se determina la capacitancia de la siguiente forma: se conecta la terminal positiva del equipo al conductor y la negativa a la tina con agua.
- Se energiza el puente y se hacen los ajustes para determinar la capacitancia.
- Se debe repetir las mediciones después de 7 y 14 días de estar el espécimen sumergido en la tina a la temperatura especificada.



### 6.10.7 Cálculos y Fórmulas

Los incrementos de capacitancia se determinan con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{C_2 - C_1}{C_1} \times 100$$

Donde:

$C$  = Incremento de capacitancia en un periodo en por ciento (%).

$C_1$  = Es la capacitancia al inicio del periodo en microfarads ( $\mu\text{F}$ ).

$C_2$  = Capacitancia al final del periodo en microfarads ( $\mu\text{F}$ ).

### 6.10.8 Valores Especificados

La absorción de humedad se hace por el Método Eléctrico (ME), y es con base a la capacitancia. El incremento de esta varía de acuerdo con las características de los aislamientos.

A continuación se muestran algunos valores de incremento de capacitancia que deben cumplir los cables de baja tensión.

Absorción de Humedad (M.E).

Conductor	Incremento de capacitancia en %	
	De 1 a 14 días	De 7 a 14 días
Cable con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo, hasta 600 Volts.	10,0	5,0
Cable con aislamiento de polietileno de cadena cruzada o a base de etileno - propileno, para 600V.	XLP Y EP	
	10,0	4,0
	aislamiento combinado con CP	
	6,0	2,0
Cable monoconductor de energía, no propagadores de incendio de baja emisión de humo y sin contenido de halógeno, 600V.	5,0	3,0
Cordón flexible para uso rudo y extra rudo, 600V.	Termoplástico	
	10,0	3,0
	Termofijo	
	3,5	1,5

Continuación...

Conductor	Incremento de capacitancia en %	
	De 1 a 14 días	De 7 a 14 días
Cable control con aislamiento termoplástico o termo.fijo, 600V y 1 000V.	PVC	
	4,0	2,0
	XLP	
	3,0	1,5
	EP I	
	3,5	1,5
	EP II	
	5,0	3,0
Cable control y multiconductores de energía, no propagadores de incendio de baja emisión de humos y sin contenido de halógenos, 600V	5,0	3,0

### 6.10.9 Ejemplo

En el anexo "D" se muestra un ejemplo de esta y otras pruebas realizadas a un cable de Aleación de Aluminio serie AA-8000.

#### **6.10.10 Informe de Resultados**

Debe contener los datos solicitados en el formato de pruebas eléctricas de baja tensión, ver anexo "B".

## **6.11 APLICACIÓN DE ALTA TENSIÓN CON CORRIENTE ALTERNA Y DIRECTA**

### **6.11.1 Objetivo**

Realizar pruebas a los conductores aislados para determinar que estos soporten la aplicación de alta tensión de corriente alterna (c.a.) y corriente directa (c.d.).

### **6.11.2 Alcance**

Esta prueba se realiza únicamente a conductores eléctricos aislados, como: cables monoconductores con o sin pantalla, cables multiconductores con o sin cubierta protectora y cables con pantalla.

### **6.11.3 Documento de Referencia**

NMX-J-293-ANCE Productos eléctricos – Alta Tensión con intensidad de corriente alterna y directa a conductores eléctricos aislados – Método de prueba.

## **6.11.4 Material y Equipo**

### **6.11.4.1 Alta tensión con c.a.**

- a) Transformador elevador de tensión, excitado por una fuente regulada y capaz de sostener la tensión eficaz durante la prueba.
- b) Interruptor para protección del transformador, con dispositivo automático de apertura en caso de falla.
- c) Voltmetro para indicar la tensión de salida del transformador.
- d) Amperímetro para medir la corriente de operación del circuito.
- e) Cronómetro.
- f) Tanque con agua.

### **6.11.4.2 Alta tensión con c.d.**

Para esta prueba, además de los equipos descritos en 6.11.4.1 se requiere un equipo rectificador o generador electrostático que suministre la tensión y corriente necesaria para esta prueba.

## **6.11.5 Preparación del Espécimen**

### **6.11.5.1 Cables monoconductores sin pantalla**

Se retira el aislamiento y la cubierta protectora, dejando desnudo de 3 cm a 8 cm en un extremo del cable, para efectuar la conexión.

Introducir completamente el cable en el agua, excepto sus puntas o extremos que deben tener una distancia fuera del agua no menor de 30 cm ni mayor de 5% de la longitud por probar.

El material debe permanecer sumergido en el agua durante el tiempo especificado en la norma del producto correspondiente (normalmente son 6 horas).

### **6.11.5.2 Cables multiconductores sin pantalla y sin cubierta**

Proceder de acuerdo al punto 6.11.5.1, para los cables que tengan conductores desnudos; en ambas puntas o extremos se deben separar de los conductores aislados para evitar arqueos, la prueba se realiza en seco.

### **6.11.5.3 Cables multiconductores sin pantalla y con cubierta**

Retirar en ambos extremos del cable de 10 cm a 40 cm la cubierta y rellenos (si existen). Retiran de 3 cm a 8 cm el aislamiento de cada conductor en un solo extremo y separar las puntas en ambos extremos para evitar arqueos. La prueba se efectúa en seco.

### **6.11.5.4 Cables multiconductores con pantalla general y cubierta**

Retirar en ambos extremos del cable de 10 cm a 40 cm la cubierta y rellenos (si existen) y separar la pantalla metálica. La pantalla metálica se conecta a tierra.

Retirar el aislamiento de cada uno de los conductores en un solo extremo del cable para efectuar las conexiones. En ambos extremos, separar las puntas para evitar arqueos. La prueba de este tipo de cable se realiza en seco.



### **6.11.5.5 Cables monoconductores con pantalla o multiconductores con pantalla individual y cubierta**

Retirar en ambos extremos del cable de 10 cm a 40 cm la cubierta y separar la pantalla metálica. Las pantallas metálicas se conectan a tierra.

Retirar el aislamiento de cada uno de los conductores en un solo extremo del cable para efectuar las conexiones. En ambos extremos, separar las puntas para evitar arcos. La prueba de este tipo de cables se realiza en seco.

## **6.11.6 Procedimiento de Pruebas**

### **6.11.6.1 Prueba de alta tensión con c.a. y c.d.**

La tensión inicial debe incrementarse gradualmente desde cero (o el valor mínimo que permita el equipo), hasta alcanzar la tensión especificada, en no menos de 10 s, ni más de 60 s. En ningún caso la razón del incremento debe ser mayor a 500 V/s.

La tensión de prueba debe mantenerse durante el tiempo especificado en la norma de producto bajo prueba. Si la tensión especificada se interrumpe, debe iniciarse nuevamente la prueba.

Al terminar la prueba, la tensión aplicada debe reducirse gradualmente con el propósito de evitar daños al equipo y al cable.

Antes de retirar las conexiones del cable al terminar la prueba debe desenergizarse la fuente de alta tensión y verificar que el cable ha sido descargado completamente y puesto a tierra.

#### **6.11.6.2 Alta tensión c.a.**

- a) Para cables monoconductores con pantalla o multiconductores con pantalla individual y cubierta, la tensión debe aplicarse conectando el conductor o los conductores a una de las terminales del transformador, y la pantalla(s) a tierra junto con la otra terminal del transformador.

Si existe más de una pantalla metálica en el cable, debe probarse entre si para asegurar que no exista corto entre ellas.

- b) Para cables monoconductores sin pantalla o monoconductores sin pantalla y sin cubierta, la tensión debe aplicarse conectando una terminal del transformador, al conductor bajo prueba y la otra terminal al tanque con agua.

- c) Para cables multiconductores sin pantalla con cubierta, aplicar la tensión en cada conductor bajo prueba contra los restantes conectados a tierra.
- d) Cables multiconductores con pantalla general y cubierta, la tensión debe aplicarse en cada conductor bajo prueba contra los restantes conectados a tierra junto con la pantalla metálica.

#### **6.11.6.3 Alta tensión c.d.**

- a) Para cables monoconductores con pantalla o multiconductores con pantalla individual y cubierta, la tensión debe aplicarse conectando el conductor o los conductores bajo prueba a la terminal negativa de la fuente de c.d. y la(s) pantalla(s) a tierra junto con la terminal positiva de la fuente de c.d.

Si existe más de una pantalla metálica en el cable, debe probarse entre sí para asegurar que no exista corto entre ellas.

- b) Cables monoconductores sin pantalla o monoconductores sin pantalla y sin cubierta, la tensión debe aplicarse conectando la terminal negativa de la fuente de c.d. al conductor bajo prueba y la terminal positiva al tanque con agua.

- c) Cables multiconductores sin pantalla con cubierta, aplicar la tensión con polaridad negativa en cada conductor contra los restantes conectados a tierra y a la terminal positiva.
- d) Cables multiconductores con pantalla general y cubierta, la tensión debe aplicarse en cada conductor bajo prueba (terminal negativa) contra los restantes conectados a tierra junto con la pantalla metálica (terminal positiva).

#### **6.11.7 Valores Especificados**

A continuación se muestran algunos de los valores de alta tensión que deben cumplir los conductores con diferentes aislamientos, para baja tensión.

**6.11.7.1 Los siguientes conductores deben soportar la aplicación de una tensión de c.a. durante 1 minuto, esto después de haber estado sumergido en agua por espacio de 6 horas**

<b>Conductor</b>	<b>Tensión de prueba c.a. kV</b>
Alambres y cables aislados con polietileno, para instalaciones tipo intemperie.	2,5
Cable con aislamiento de policloruro de vinilo de 75 °C para alambrado de tableros.	1,5

➤ Conductor con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo, hasta 600 volts.

<b>Designación del conductor</b>		<b>Tensión de prueba en c.a. kV</b>	
<b>Área de la sección transversal nominal mm<sup>2</sup></b>	<b>Calibre AWG o kCM</b>	<b>Cables monoconductores</b>	<b>Cables multiconductores</b>
2,082 a 5,260	14 a 10	2,0	2,5
8,367 a 33,62	8 a 2	2,0	3,0
42,67 a 107,2	1 a 4/0	2,5	4,0
126,7 a 253,4	250 a 500	3,0	5,0
304,0 a 506,7	600 a 1 000	3,5	6,0

- Cable de energía de baja tensión, con aislamiento de polietileno de cadena cruzada o a base de etileno-propileno

Designación del conductor		Tensión de prueba en c.a. kV	
Área de la sección transversal nominal mm <sup>2</sup>	Calibre AWG o kCM	XHHW	RHH, RHW
2,082 a 5,260	14 a 10	3,0	4,0
8,367 a 33,62	8 a 2	3,5	5,5
42,41 a 107,2	1 a 4/0	4,0	7,0
126,7 a 253,5	250 a 500	5,0	8,0
304,0 a 506,7	600 a 1 000	6,0	10,0
633,4 a 1 013	1 250 a 2 000	7,0	12,0

- Conductores dúplex (TWD) con aislamiento termoplástico.

Designación del conductor		Tensión de prueba en c.a. kV	
Área de la sección transversal nominal mm <sup>2</sup>	Calibre AWG	Alta tensión	
		Tipo A	Tipo B
0,324 7 - 1,307	22 - 16	1,5	---
2,082	14	2,0	---
3,307 - 5,260	12 - 10	2,0	2,0
8,367 - 13,30	8 - 6	---	2,0

- Cordones flexibles tipo SPT con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo para 300 volts.

Tipo	Tensión de prueba en c.a.kV
SPT-0	1,0
SPT-1	1,5
SPT-2	1,5
SPT-3	1,5

- Cables flexibles para uso rudo y extra rudo\*.

Espesor del aislamiento nominal mm	Tensión de prueba en c.a. kV	
	33 V	600V
0,38	1,5	---
0,76	1,5	2,0
1,14	1,5	3,0
1,52	1,5	4,0

- Cable concéntrico tipo espiral para acometida aérea\*.

Designación del conductor		Tensión de prueba en c.a. kV
Área de la sección transversal nominal mm <sup>2</sup>	Calibre AWG o kCM	
3,307 a 8,367	12 a 8	3,0
13,30 a 21,15	6 y 4	3,5

\*Para estos conductores la prueba se realiza en seco

**6.11.7.2 Los siguientes conductores deben soportar la aplicación de una tensión de c.a. durante 5 minuto**

- Cables monoconductores de energía para baja tensión, no propagadores de incendio de baja emisión de humos y sin contenido de halógenos, 600 volts.

<b>Designación del conductor</b>		<b>Tensión de prueba en c.a. kV</b>
<b>Área de la sección transversal nominal mm<sup>2</sup></b>	<b>Calibre AWG o kCM</b>	
2,082 a 6,333	14 a 9	3,0
8,367 a 33,62	8 a 2	5,5
42,41 a 107,2	1 a 4/0	7,0
126,7 a 253,4	250 a 500	8,0
304,0 a 506,7	600 a 1 000	10,0



- ✓ Cables control con aislamiento termoplástico o termofijo, para tensiones de 600 y 1 000 volts c.a.

Designación del conductor		Tensión de prueba c.a. kV							
Área de la sección transversal Nominal mm <sup>2</sup>	Calibre AWG	Tipo de aislamiento							
		PVC		PE		XLP		EP	
		600 V	1000 V	600 V	1000 V	600 V	1000 V	600 V	1000 V
0,519 1	20	1,5	--	2,5	--	2,5	--	2,5	--
0,823 5	18	1,5	--	2,5	--	2,5	--	2,5	--
1,307	16	1,5	3,0	2,5	--	2,5	4,5	2,5	4,5
2,082	14	3,0	3,5	3,0	4,5	3,0	4,5	3,0	4,5
3,307	12	3,0	3,5	3,0	4,5	3,0	4,5	3,0	4,5
5,260	10	3,0	3,5	3,0	4,5	3,0	4,5	3,0	4,5
8,367	8	3,0	3,5	3,0	4,5	3,0	4,5	3,0	4,5

- ✓ Cables control y multiconductores de energía, no propagadores de incendio, de baja emisión de humos y sin contenido de halógenos, 600 volts.

<b>Designación del conductor</b>		<b>Tensión de prueba en c.a. kV</b>
<b>Área de la sección transversal nominal mm<sup>2</sup></b>	<b>Calibre AWG o kCM</b>	
0,519 1 a 1,307	20 a 16	2,5
2,082 a 6,333	14 a 9	3,0
8,367 a 33,62	8 a 2	5,5
42,41 a 107,2	1 a 4/0	7,0
126,7 a 253,4	250 a 500	8,0
304,0 a 506,7	600 a 1 000	10,0

### 6.11.8 Ejemplo

En el anexo "D" se muestra un ejemplo de esta y otras pruebas realizadas a un cable de Aleación de Aluminio serie AA-8000.

### 6.11.9 Informe de Resultados

- Debe contener los datos solicitados en el formato de pruebas eléctricas de baja tensión, ver anexo "B".

## **6.12 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

### **6.12.1 Objetivo**

Obtener la resistencia del aislamiento de los conductores eléctricos aislados.

### **6.12.2 Alcance**

El presente método cubre la determinación de la resistencia de aislamiento de conductores eléctricos, aislados con materiales termoplásticos y termofijos, como son cables para señalización, telecomunicaciones, mando centralizado, sistemas de alimentación de potencia, entre otros.

### **6.12.3 Documento de Referencia**

NMX-J-294-ANCE Productos eléctricos—Alta tensión con corriente alterna y corriente directa a conductores eléctricos aislados—Método de prueba.

#### **6.12.4 Material y Equipo**

- a) Termómetro con escala capaz de medir la temperatura ambiente y con resolución de 1°C, o menor.
- b) Tanque con agua de dimensiones adecuadas y conexión de puesta a tierra.
- c) Medidor de resistencia de aislamiento con una incertidumbre del  $\pm 5 \%$ , o con resolución de 10 M $\Omega$  o menor y que suministre un potencial constante de 500 V c.d.

#### **6.12.5 Preparación del Espécimen Bajo Prueba**

##### **6.12.5.1 Cables monoconductores sin pantalla**

Retirar el aislamiento y la cubierta protectora, dejando desnudo de 3 cm a 8 cm en un extremo del cable para efectuar la conexión.

Introducir completamente el cable en el agua, excepto sus puntas o extremos que deben tener una distancia fuera del agua no menor que 30 cm ni mayor que el 5% de la longitud total por probar.

El material debe permanecer sumergido en el agua durante el tiempo especificado en la norma de producto correspondiente.

#### **6.12.5.2 Cables multiconductores sin pantalla y sin cubierta**

Retirar el aislamiento y la cubierta protectora, dejando desnudo de 3 cm a 8 cm en un extremo del cable para efectuar la conexión.

Introducir completamente el cable en el agua, excepto sus puntas o extremos que deben tener una distancia fuera del agua no menor que 30 cm ni mayor que el 5% de la longitud total por probar. Deben separarse las puntas de los conductores en los extremos para evitar arcos.

El material debe permanecer sumergido en el agua durante el tiempo especificado en la norma de producto correspondiente.

### **6.12.5.3 Cables multiconductores sin pantalla y con cubierta**

Retirar en ambos extremos del cable de 10 cm a 40 cm de la cubierta y rellenos (si existen). Retirar de 3 cm a 8 cm de aislamiento de cada conductor en un solo extremo y separar las puntas en ambos extremos para evitar arcos. Esta prueba se realiza en seco.

### **6.12.5.4 Cables monoconductores con pantalla o multiconductores con pantalla individual y cubierta**

Retirar en ambos extremos del cable de 10 cm a 40 cm la cubierta y se separa la pantalla metálica. Las pantallas metálicas se conectan a tierra.

Retirar el aislamiento de cada uno de los conductores en un solo extremo del cable para efectuar las conexiones. Separar en ambos extremos las puntas para evitar arcos. La prueba de este tipo de cables se realiza en seco.

### **6.12.5.5 Cables multiconductores con pantalla general y cubierta**

Retirar en ambos extremos del cable de 10 cm a 40 cm la cubierta y rellenos (si existen) y separar la pantalla metálica. La pantalla metálica se conecta a tierra.

Retirar el aislamiento de cada uno de los conductores en un solo extremo del cable para efectuar las conexiones. Separar en ambos extremos las puntas para evitar arcos. La prueba de este tipo de cables se realiza en seco.

### **6.12.6 Procedimiento de Medición**

- a) Para las muestras que se sumergen en agua, se deben tomar en cuenta el tiempo de inmersión previo a la prueba que cite la norma de producto correspondiente.
- b) Conectar la terminal negativa del equipo de medición al producto bajo prueba y la terminal positiva del equipo a los demás conductores, pantallas, cubiertas metálicas o a la tina con agua según sea el caso y puesto a tierra.

- c) Aplicar la tensión de prueba y después de un minuto tomar la lectura. En la mayoría de los equipos de medición, se requiere aplicar inicialmente un tiempo de carga, el cual es de 15 s generalmente, antes de aplicar el potencial del circuito de medición. El tiempo de carga requerido, debe quedar dentro del minuto total de la tensión aplicada.
- d) Tomar la lectura de la temperatura ambiente o la del agua, según sea el caso.

### 6.12.7 Cálculos

La resistencia de aislamiento corregida a la temperatura de referencia y a 1 kilómetro de longitud se determina con la siguiente fórmula.

$$R_a = R_m \times f_c \times L$$

Donde:

$R_a$  = Es la resistencia de aislamiento corregida a la temperatura de referencia de 20°C y a 1 km de longitud expresada en MΩ- Km.

$R_m$  = Es la resistencia de aislamiento medida en MΩ.

$f_c$  = Es el factor de corrección a temperatura de referencia de 20°C.

$L$  = Es la longitud de la muestra bajo prueba en Km.



La resistencia de aislamiento corregida se compara contra la resistencia de aislamiento mínima especificada en la norma del producto correspondiente.

Para determinar el factor de corrección ( $f_c$ ) a la temperatura de referencia de 20°C, se usa la tabla 1 conociendo la temperatura de medición y el Coeficiente de Variación de la Resistencia con la temperatura por 1°C (CVR), el cual depende del tipo de aislamiento.

El valor del coeficiente de medición de la resistencia con la temperatura por 1°C (CVR) se debe solicitar al proveedor o al fabricante de dicho conductor.

**TABLA 1.- Factores de corrección de resistencia de aislamiento con temperatura (fc) referidos a 20 °C**

Coeficiente de Variación de Resistencia por 1°C (CVR)	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	,112	1,13	1,14
	Factores de corrección por temperatura (fc)										
0	0,46	0,38	0,31	0,26	0,21	0,18	0,15	0,12	0,10	0,087	0,073
1	0,47	0,40	0,33	0,28	0,23	0,19	0,16	0,14	0,12	0,098	0,083
2	0,49	0,42	0,35	0,30	0,25	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,096
3	0,51	0,44	0,37	0,32	0,29	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11
4	0,53	0,46	0,39	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12
5	0,56	0,48	0,42	0,36	0,32	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14
6	0,58	0,51	0,44	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16
7	0,60	0,53	0,47	0,41	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18
8	0,62	0,56	0,50	0,44	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
9	0,65	0,58	0,53	0,48	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24
10	0,68	0,61	0,56	0,51	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27
11	0,70	0,64	0,59	0,54	0,50	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31
12	0,73	0,68	0,63	0,58	0,54	0,50	0,47	0,43	0,40	0,38	0,35
13	0,76	0,71	0,67	0,62	0,58	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,40
14	0,79	0,75	0,70	0,67	0,63	0,60	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46
15	0,82	0,78	0,75	0,72	0,68	0,65	0,62	0,59	0,57	0,54	0,52
16	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,61	0,59
17	0,89	0,86	0,84	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67
18	0,92	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,81	0,80	0,78	0,77
19	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,80	0,88
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
22	1,08	1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1,28	1,30
23	1,32	1,16	1,19	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37	1,40	1,44	1,48
24	1,17	1,22	1,26	1,31	1,36	1,41	1,46	1,52	1,57	1,63	1,69
25	1,22	1,28	1,34	1,40	1,47	1,54	1,61	1,69	1,76	1,84	1,93
26	1,27	1,34	1,42	1,50	1,59	1,68	1,77	1,87	1,97	2,08	2,19
27	1,32	1,41	1,50	1,61	1,71	1,83	1,95	2,08	2,21	2,35	2,50
28	1,37	1,48	1,59	1,72	1,85	1,99	2,14	2,30	2,48	2,65	2,85
29	1,42	1,55	1,69	1,84	2,00	2,17	2,36	2,56	2,77	3,00	3,25
30	1,48	1,63	1,79	1,97	2,16	2,37	2,59	2,84	3,11	3,39	3,71

continuación...

Coeficiente de Variación de Resistencia por 1°C (CVR)	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
	Factores de corrección por temperatura (fc)										
Temperatura °C											
31	1,54	1,71	1,90	2,10	2,33	2,58	2,85	3,15	3,48	3,84	4,23
32	1,60	1,80	2,01	2,25	2,52	2,81	3,14	3,50	3,90	4,33	4,82
33	1,67	1,89	2,13	2,40	2,72	3,07	3,45	3,88	4,36	4,90	5,49
34	1,73	1,98	2,26	2,58	2,94	3,34	3,80	4,31	4,89	5,53	6,26
35	1,80	2,08	2,40	2,76	3,17	3,64	4,18	4,78	5,47	6,25	7,14
36	1,87	2,18	2,54	2,95	3,43	3,97	4,59	5,31	6,13	7,07	8,14
37	1,95	2,29	2,69	3,16	3,70	4,33	6,05	5,90	6,87	7,99	9,28
38	2,03	2,41	2,85	3,38	4,00	4,72	5,56	6,54	7,69	9,02	10,6
39	2,11	2,53	3,02	3,62	4,32	5,14	6,12	7,26	8,61	10,2	12,1
40	2,19	2,65	3,21	3,87	4,66	5,60	6,73	8,06	9,65	11,5	13,7

Continuación TABLA 1

Coeficiente Variación Resistencia por 1°C (CVR)	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
	Factores de corrección por temperatura (fc)										
Temp. °C											
0	0,061	0,051	0,043	0,37	0,031	0,026	0,022	0,019	0,016	0,014	0,012
1	0,070	0,060	0,051	0,043	0,037	0,031	0,027	0,023	0,020	0,017	0,014
2	0,081	0,069	0,059	0,51	0,044	0,038	0,032	0,028	0,024	0,021	0,018
3	0,093	0,080	0,069	0,060	0,052	0,045	0,039	0,034	0,030	0,026	0,023
4	0,11	0,093	0,081	0,071	0,062	0,054	0,047	0,42	0,035	0,032	0,028
5	0,12	0,11	0,095	0,084	0,074	0,065	0,057	0,051	0,045	0,040	0,035
6	0,14	0,13	0,11	0,099	0,088	0,078	0,069	0,062	0,055	0,049	0,044
7	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,093	0,084	0,075	0,068	0,061	0,055
8	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,092	0,083	0,076	0,069
9	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,094	0,086
10	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
11	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,132
12	0,33	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17
13	0,38	0,35	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22	0,21
14	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,26

**TABLA 1.- (Concluye)**

Coeficiente Variación Resistencia por 1°C (CVR)	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
	Factores de corrección por temperatura (fc)										
Temp. °C											
15	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36	0,34	0,33
16	0,57	0,55	0,53	0,52	0,50	0,48	0,47	0,45	0,44	0,42	0,41
17	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54	0,52	0,51
18	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,61
19	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	0,81	0,80
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
22	1,32	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,49	1,51	1,54	1,56
23	1,52	1,56	1,60	1,64	1,69	1,73	1,77	1,82	1,86	1,91	1,95
24	1,75	1,81	1,87	1,91	2,01	2,07	2,14	2,22	2,29	2,36	2,44
25	2,01	2,10	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,70	2,82	2,93	3,04
26	2,31	2,44	2,57	2,70	2,84	2,99	3,14	3,30	3,46	3,64	3,81
27	2,66	2,83	3,0	3,19	3,38	3,58	3,80	4,02	4,26	4,51	4,77
28	3,06	3,28	3,51	3,76	4,02	4,30	4,59	4,91	5,24	5,59	5,96
29	3,52	3,80	4,11	4,44	4,79	5,16	5,56	5,99	6,44	6,93	7,45
30	4,05	4,41	4,81	5,23	5,69	6,19	6,73	7,30	7,93	8,59	9,31
31	4,65	5,12	5,62	6,18	6,78	7,43	8,14	8,91	9,75	10,7	11,6
32	5,35	5,94	6,58	7,29	8,06	8,92	9,85	10,9	12,0	13,3	14,6
33	6,15	6,69	7,70	8,60	9,60	10,7	11,9	13,3	14,7	16,4	18,2
34	7,08	7,99	9,01	10,1	11,4	12,8	14,4	16,2	18,1	20,3	22,7
35	8,14	9,27	10,5	12,0	13,6	15,4	17,4	19,7	22,3	25,2	28,4
36	9,36	10,7	12,3	14,1	16,2	18,5	21,1	24,1	27,4	31,2	35,5
37	10,8	12,5	14,4	16,7	19,2	22,2	25,5	29,4	33,8	38,7	44,4
38	12,4	14,5	16,9	19,7	22,9	26,6	30,9	35,8	41,5	48,0	55,5
39	14,2	15,8	19,7	23,2	27,3	31,9	37,4	43,7	51,1	59,6	69,4
40	15,4	19,6	23,1	27,4	32,4	38,3	45,3	53,4	62,8	73,9	86,7

### 6.12.8 Valores Especificados

A continuación se muestran los valores especificados de la resistencia de aislamiento de los principales aislamientos de los conductores eléctricos.

La resistencia de aislamiento es un valor mínimo que debe presentar los cables o alambres, de acuerdo a su aislamiento.

Donde se indica el valor de la constante K, esta se debe sustituirse en la siguiente formula, para obtener el valor mínimo de Resistencia de Aislamiento.

$$R_{\text{esp}} = K \log \frac{D}{d}$$

Donde:

$R_{\text{esp}}$  = Resistencia de aislamiento mínima especificada, en  $M\Omega \text{ Km}$ .

K = Constante de aislamiento en  $M\Omega \text{ Km}$  a la temperatura de referencia.

D = Diámetro sobre el aislamiento en mm.

d = Diámetro bajo el aislamiento en mm.

**Valores que deben cumplir los conductores eléctricos.**

Alambres o cables	Resistencia de aislamiento a 20°C	Constante K a 20°C
	en MΩ Km	
Aislados con polietileno, para instalaciones tipo intemperie.	8,4	----
De energía, con aislamiento de polietileno de cadena cruzada o a base de etileno – propileno.	---	2 560
Con aislamiento de policloruro de vinilo de 75°C para alambrado de tableros.	---	500
Monoconductores de energía, no propagadores de incendio de baja emisión de humos y sin contenido de halógenos, 600 V, 90°C.	---	2 560
Concéntricos tipo espiral para acometida aérea.	---	130
Conductores dúplex (TWD) con aislamiento termoplástico para instalaciones hasta 600 V y 60°C	---	130
Cordones flexibles tipo SPT con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo para instalaciones hasta 300 V para 60°C, 75°C, 90°C y 105°C	0,640	---

Continuación...

Alambres o cables	Resistencia de aislamiento a 20°C	Constante K a 20°C
	en MΩ Km	
Cordones flexibles para uso rudo y extra rudo, hasta 600 V para 60°C, 75°C, 90°C y 105°C.	0,640	---
Multiconductores para distribución aérea a baja tensión.	8,4	---
Control y multiconductores de energía para baja tensión, no propagadores de incendio, de baja emisión de humos y sin contenido de halógenos, 600 V, 90°C.	2 560	---

Cables control con aislamiento termoplástico o termofijo, para tensiones de 600 V y 1 000 V c.a. y temperaturas de operación máxima en el conductor de 75°C y 90°C.

Tipo de aislamiento	Constante de aislamiento (K) MΩ Km a 20°C
Policloruro de vinilo (PVC)	500
Polietileno (PE)	12 600
Polietileno de cadena cruzada (XLP)	2 560
Etileno-propileno(EP)	2 560

Conductores con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo, para instalaciones hasta 600 V.

<b>Tipo de aislamiento</b>	<b>Constante de resistencia de aislamiento (K) a 20°C MΩ Km</b>
TW	130
THW	500
THW-LS	500
THHW	500
THHW-LS	500
THWN	765
THHN	765

### **6.12.9 Ejemplo**

En el anexo "D" se muestra un ejemplo de esta y otras pruebas realizadas a un cable de Aleación de Aluminio serie AA-8000.

### **6.12.10 Informe**

Debe contener los datos solicitados en el formato de pruebas eléctricas de baja tensión, ver anexo "B".



## **6.13 DETERMINACIÓN DE LA RESISTIVIDAD SUPERFICIAL ESPECÍFICA**

### **6.13.1 Objetivo**

Obtener la resistividad superficial específica de las cubiertas protectoras para conductores eléctricos.

### **6.13.2 Alcance**

Este procedimiento establece el método de prueba y las especificaciones que deben cumplir las cubiertas protectoras para cables de energía fabricados con materiales termoplásticos.

### **6.13.3 Norma de Referencia**

Este procedimiento se basa en la siguiente norma:

**NMX-J-292-ANCE Productos Eléctricos –Conductores-cubiertas protectoras de materiales termoplásticos, para conductores eléctricos.**

#### 6.13.4 Aparatos y Equipos

- Probador de resistencia de aislamiento con una tensión de 250 a 500 V c.d.
- Recipiente de tamaño adecuado para sumergir la muestra en agua.
- Flexómetro.
- Dos electrodos metálicos (abrazaderas) en forma circular de 25,4 mm de ancho y largo dependen del calibre del conductor bajo prueba, según la tabla 6.13.1.

<b>CALIBRE AWG</b>	<b>ÁREA mm<sup>2</sup></b>	<b>LONGITUD mm</b>
8	8.367	80
10	5.260	80
12	3.307	80
14	2.082	80

Tabla 6.13.1

#### 6.13.5 Preparación del Espécimen

- Cortar una muestra de cable terminado de 2 m de longitud.
- Colocar la muestra de cable dentro del recipiente previamente lleno con agua, teniendo cuidado de que las puntas queden fuera del mismo.

- La muestra se deja durante un espacio de 48 horas a temperatura ambiente dentro del recipiente con agua.
- Después de este período, la muestra se saca del agua y se deja al ambiente por un espacio de 10 minutos.
- Colocar los dos electrodos alrededor del cable, dejando una separación entre estos de 152 mm.

### **6.13.6 Procedimiento de Prueba**

Con el probador de aislamiento se determina la resistencia entre los electrodos de la siguiente forma:

- a) Se verifica que la perilla izquierda se encuentre en la posición de apagado (OFF), se conectan en la parte posterior del equipo las puntas de prueba.
- b) Colocar el selector en la posición de Megaohms de rango mayor.
- c) Conectar las puntas de prueba en los electrodos (abrazaderas).
- d) Colocar el selector de tensión en la posición de mayor rango.
- e) Presionar el botón izquierdo inferior color naranja por un periodo breve hasta obtener la lectura en la pantalla (display).

- f) El aparato de medición nos dará la resistencia entre los electrodos.

### 6.13.7 Cálculos

Para obtener la resistividad superficial específica, se calcula mediante la siguiente formula:

$$Ps = 0.0206 RD$$

Fórmula 6.13.1

Donde:

Ps: Es la resistividad superficial específica, en megaohm-milímetro ( $M\Omega$ -mm).

R: Es la resistencia superficial en megaohm, (en 152 mm).

D: Es el diámetro del cable en milímetros.

La resistividad superficial específica obtenida no debe ser menor de 2 000 Megaohms, cuando se pruebe de acuerdo al procedimiento anterior.

### **6.13.8 Reporte**

El informe de resultados debe contener como mínimo los siguientes datos:

- Nombre del laboratorio responsable.
- Descripción del producto.
- Identificación del equipo de medición utilizado.
- Temperatura ambiente a la cual se realizó la prueba.
- Valores obtenidos del espécimen al finalizar la prueba.
- Fecha y observaciones.

## **6.14 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE CHISPA APLICADA DURANTE EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

### **6.14.1 Objetivo**

Verificar el aislamiento, mediante chispa por alta tensión a alambres y cables con aislamiento.

### **6.14.2 Alcance**

Este método cubre la prueba de chispa por alta tensión a alambres y cables monoconductores para tensiones hasta 2 000 V y de los mismos cuando formen parte de cables multiconductores. Y para cubiertas exteriores que se encuentren sobre blindajes, pantallas, armaduras o cubiertas metálicas.

### **6.14.3 Norma de Referencia**

Este procedimiento se basa en las siguientes normas:

NMX-J-473-ANCE Productos eléctricos -Conductores- Alta tensión (prueba de chispa), aplicada durante el proceso de fabricación.

NMX-J-292-ANCE Productos Eléctricos –Conductores-cubiertas protectoras de materiales termoplásticos, para conductores eléctricos.

#### **6.14.4 Aparatos y Equipos**

- Transformador elevador de tensión de 15 KV, c.a.
- Un electrodo de cobre que haga contacto con la superficie del aislamiento del conductor o con la cubierta exterior del cable.
- Un voltímetro que mida la tensión entre el electrodo y tierra.
- Un fusible para protección por falla.
- Equipo elevador de tensión (variac) y kilo-voltímetro de 0 a 48 KV.

#### **6.14.5 Preparación del Espécimen**

- Conectar un polo de potencial al electrodo de prueba en uno o ambos extremos.
- Conectar el indicador de falla para verificar que no exista contacto entre el electrodo de prueba y tierra.
- Ajustar la fuente de alimentación a la tensión especificada en la norma del producto correspondiente.

- Aplicar la tensión a toda la longitud del aislamiento o de la cubierta protectora, haciéndolo pasar a través del electrodo, de tal manera que el aislamiento o cubierta esté en contacto con el electrodo, por lo menos 0.15 s. Y donde la velocidad será:

$$V = f(L/150)$$

**Fórmula 6.14.1**

Donde:

V: Es la velocidad del cable, en m/min.

f: Es la frecuencia de la tensión, en Hz.

L: Es la longitud del electrodo, en mm.

#### **6.14.6 Procedimiento de Prueba**

Ya que no se cuenta con un dispositivo para deslizar el cable, esta prueba se realiza de manera puntual, es decir, a un espécimen se le aplica una tensión de acuerdo a las dimensiones en un punto arbitrario.

- 1) La alimentación del arqueador superficial que contiene la cámara donde se hará la prueba al conductor se conecta a las terminales S1 y S2 del elevador de tensión VPE-34.5 (figura 3.8 del capítulo 3), verificando que se encuentren apagados los dos equipos.



- 2) Conectar la alimentación del elevador de tensión VPE-34.5, y verificar que el mismo se encuentre en la posición mínima.
- 3) Encender el arqueador superficial, que es el equipo donde se colocó la muestra.
- 4) Colocar el interruptor en la posición de encendido (ON) y se oprime el botón de arranque y se empieza a girar el elevador de tensión en sentido de las manecillas del reloj hasta un voltaje máximo que depende del espesor de la cubierta bajo prueba como se muestra a continuación en la tabla 6.14.1 y con una duración de 0.15 segundos como mínimo:

<b>Espesor de la Cubierta en [mm]</b>	<b>Tensión de Prueba en C.A. [KV]</b>
1.14	2.0
1.52	2.5
1.65	2.5
2.03	3.0
2.41	4.0
2.79	4.5
3.18	5.0
3.56	5.5

**Tabla 6.14.1**

Finalmente si existe arqueado o perforación, el conductor no pasa la prueba.

## **6.15 APLICACIÓN DE UNA DESCARGA ELÉCTRICA A LA CUBIERTA PROTECTORA CON DOBLEZ EN “U”**

### **6.15.1 Objetivo**

Aplicar una descarga eléctrica a la muestra de conductor con doblez en “U”, para lo cual no debe haber fallas en el cable ni grietas en la cubierta.

### **6.15.2 Alcance**

El presente método se aplica a cubiertas protectoras para cables de energía de baja, media y alta tensión, fabricados con materiales termoplásticos.

### **6.15.3 Documento de Referencia**

Este procedimiento se basa en la siguiente norma:

**NMX-J-292-ANCE Productos Eléctricos –Conductores-cubiertas protectoras de materiales termoplásticos, para conductores eléctricos.**

#### 6.15.4 Aparatos y Equipos

El equipo de prueba debe consistir de:

- Mandril con diámetro, según la tabla 6.15.1.
- Placa metálica de 30 cm x 30 cm x 1 cm.
- Fuente de corriente alterna que mantenga la tensión requerida.

ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL NOMINAL EN mm <sup>2</sup> .	CALIBRE AWG o KCM	DIÁMETRO DEL MANDRIL
8,367 a 33,62	8 a 2	6D
42,41 a 85,01	1 a 3/0	8D
107,2 a 253,4	4/0 a 500	10D
mayor de 253,4	mayor a 500	12D

D es el diámetro exterior del cable, en milímetros

Tabla 6.15.1

#### 6.15.5 Procedimiento de Prueba

- Doblar una muestra de cable de aproximadamente 40 cm, en forma de "U", hasta 180° alrededor de un mandril con diámetro especificado en la tabla 6.15.1.

- Colocar el cable doblado sobre la placa metálica fija, cuidando que la parte curvada del cable quede en contacto con la placa, y las secciones rectas, perpendiculares a ella.
- Después de 30 minutos de haber doblado el cable, se aplica una tensión de corriente alterna en función del espesor de la cubierta aislante, a razón de 5 KV/mm.
- La tensión se aplica entre el conductor y la placa metálica, manteniéndola por 6 horas continuas.
- Esta prueba se realiza a temperatura ambiente.

#### **6.15.6 Análisis de Prueba**

La muestra probada se inspecciona manual y visualmente para determinar si existen fracturas o grietas internas o superficiales.



**CAPÍTULO 7**

**PROPUESTA TEMÁTICA AL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA**

256

## **7.1 PROPUESTAS AL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Antes de concluir hemos considerado exponer algunas ideas fundamentales para darle continuidad y enriquecer el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica y particularmente el área destinada a las Pruebas a Conductores Eléctricos, tomando como punto de referencia toda la investigación y experiencia obtenida durante el desarrollo de esta tesis, las siguientes propuestas son:

- I. Complementar las prácticas que se dan actualmente en el Laboratorio Eléctrico con información adicional sobre los equipos para las pruebas a conductores eléctricos.
- II. Formar una pequeña biblioteca que contenga el mayor número posible de Normas Mexicanas vigentes del área eléctrica.
- III. Crear un vinculo de apoyo entre los departamentos de ingeniería eléctrica y entre facultades de la misma universidad para realizar estudios de Calidad dirigido a los consumidores con todo el rigor que marcan nuestras Normas Oficiales Mexicanas.
- IV. Proyecto de tesis para mejoras del laboratorio.
- V. Brindar el servicio de apoyo a las empresas que lo soliciten realizando pruebas a los conductores eléctricos.



- VI. Crear una bodega o área de almacenamiento para los componentes o accesorios eléctricos y material de donación que no se utilice.

### **7.1.1 Complemento de las Practicas**

Es necesario que los profesores y estudiantes del área de eléctrica conozcan todos los equipos que actualmente funcionan, entre ellos están los equipos que permiten la realización de pruebas (prácticas) a los conductores eléctricos.

#### **7.1.1 Conocer los principales equipos del laboratorio**

Además de los equipos y máquinas que actualmente se utilizan en las diferentes prácticas del laboratorio, se puede integrar algunas prácticas para los conductores eléctricos por lo que es necesario conocer el funcionamiento de: la máquina de tensión mecánica, el horno de circulación forzada de aire, el transformador elevador de tensión, etc.

Las personas que vienen de visita de otras instituciones se admiran de la gran cantidad de equipos con los que cuenta el Laboratorio Eléctrico. Así como la gran cantidad de aparatos de medición, desde los analógicos hasta los más modernos sistemas digitales, por lo que consideramos la importancia que estos tienen para su conservación así como también su difusión y obtener de estos su máximo aprovechamiento.

### **7.1.2 Formar una Biblioteca de Normas**

Ante la gran competencia que ha venido teniendo México con otros países es de suma importancia mantenernos al día con las Normas Oficiales Mexicanas, pero más aún es fundamental que la Facultad de Ingeniería cuente con los medios para analizar las normas y así mejorar y verificar la Calidad de los productos que se hacen y se consumen en el país, junto con las industrias e instituciones.

Formar una pequeña biblioteca para las principales normas eléctricas, no solo es útil para realizar pruebas con los equipos a los conductores, además, nos proporcionan las herramientas para diseñar y crear equipos necesarios para complementar nuestro laboratorio, así como también, nos da una clara idea de lo actualizado que se encuentra.

### **7.1.3 Crear un Vinculo de Apoyo entre los Departamentos de la Facultad de Ingeniería y entre otras Facultades**

Para fortuna del laboratorio de pruebas eléctricas a conductores, se puede apoyar con algunos equipos con los que cuentan otros laboratorios de los departamentos de la Facultad de Ingeniería.

Tal es el caso, por ejemplo, del laboratorio del Departamento de Ingeniería Mecánica que tiene una máquina de transmisión mecánica conocida como "la máquina universal" de gran utilidad para realizar pruebas de tensión a la ruptura de todo tipo de "flechas" o probetas hechas principalmente de acero.

Con el apoyo de su personal y de la máquina se pueden realizar las pruebas de tensión de ruptura a los conductores de cobre y/o aluminio de acuerdo con la norma NMX-J-312-ANCE.

También es de gran apoyo otras Facultades, como es el caso de la Facultad de Química sin tener que diseñar o invertir en equipo nuevo muy costoso, puede desarrollar y analizar todas y cada una de las pruebas que puede realizar referente a la combustión, de acuerdo a las siguientes Normas:

- Resistencia a la propagación de incendio (NMX-J-093-ANCE).
- Resistencia a la propagación de la flama (NMX-J-192-ANCE).
- Determinación de la cantidad de gas ácido halogenado generado durante la combustión controlada de materiales poliméricos tomados de conductores eléctricos (NMX-J-472-ANCE).

#### **7.1.4 Proyectos de Tesis.**

Para darle continuidad principalmente a nuestra tesis hemos considerado que se pueden realizar algunos proyectos para aprovechar aún más los equipos con los que cuenta el Laboratorio Eléctrico.

Los proyectos que recomendamos son:

- 1) Desarrollar un plan de calibración y certificación de los equipos que se encuentran en el laboratorio, con el apoyo de Institutos propios de la Universidad o de empresas particulares.

- 2) Reconstruir y operar bajo normas vigentes el generador de impulsos, desde conocer el equipo, saber la capacidad, limitaciones y sobre todo la forma de operarlo con seguridad.
- 3) Reconstruir y operar bajo normas vigentes la cámara ambiental para realizar pruebas a los aisladores eléctricos.

### **7.1.5 Brindar el Servicio de Laboratorio Certificado a la Industria**

Seria un gran reto para nuestra Universidad ser la primera institución educativa en obtener el titulo de Laboratorio de pruebas Certificado para brindar un servicio a toda industria que se acerque y lo solicite.

Se tiene la mayor cantidad de equipos disponibles e infraestructura necesaria para lograrlo pero solo falta un poco de inversión económica y apoyo por parte de nuestros institutos de posgrado los cuales también requieren personas comprometidas y entregadas a la investigación.

Para un propósito tan grande pero sobre todo tan importante es necesario ver a todos los laboratorios de nuestra Universidad como uno solo al servicio de nuestra sociedad.

Es necesario hacer la siguiente observación, para brindar un servicio de apoyo a la industria no es necesario contar con los equipos de otros laboratorios siempre y cuando a las empresas se les especifique las pruebas que se pueden realizar dentro del laboratorio de equipo eléctrico, tal vez no sean todas las que determina la Norma Oficial pero sí algunas de gran importancia.

### 7.1.6 Diseño de una Bodega

Para el diseño de la bodega se ha contemplado como una posibilidad para su construcción, el ocupar el espacio que se tiene atrás de los transformadores monofásicos de 500 KVA (número 25 en la siguiente figura). Desde el generador elevador de tensión de c.a. (número 21 de la figura 7.1). Hasta el baño de servicio.

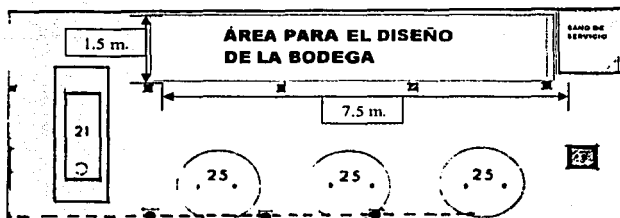


Figura 7.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Como podrá observarse en la figura anterior se contaría con una superficie de 7,5 m por 1,5 m (poco más de 11 m<sup>2</sup> de superficie). Está, multiplicada por la altura disponible, nos da una idea de la capacidad volumétrica para la bodega.

Es posible calcular el volumen que ocupan las cajas con el material de donación que se encuentra en el área de pruebas eléctricas, al hacerlo, estaremos en la posibilidad de determinar el espacio mínimo para este material y si vale la pena mandar colocar repisas a todo lo largo y alto de la superficie o simplemente cercar el área.

El diseño de la bodega puede ser de diversos materiales, su construcción depende del presupuesto que tenga la facultad destinado al departamento de eléctrica.

## **CONCLUSIONES**



286

## CONCLUSIONES

Un parámetro importante es la normativa hacia los conductores eléctricos, la cual es el resultado de un trabajo de los industriales, empresarios, profesionistas, consumidores y usuarios, como se indico en el capitulo 2 y es sin duda un ejemplo de que en conjunto se obtiene un bien común.

La trascendencia de las normas no está únicamente en su valioso contenido. También radica su importancia en que ante la globalización, libre mercado, occidentalización, mundialización, americanización, o como se le quiera llamar, lo enfrentemos integrándonos y participando como institución capaz de innovar y reformar las normas existentes para aprovechar con calidad los recursos que se tienen.

Ante esta gran premisa, consideramos la importancia que tienen las pruebas que se pueden realizar para poder formularnos un criterio más amplio sobre los conductores eléctricos.

El laboratorio de maquinas eléctricas de la Facultad de Ingeniería, tiene la infraestructura para realizar pruebas Mecánicas, Térmicas y Eléctricas a Conductores Eléctricos de baja tensión, las cuales se debe aprovechar al máximo, difundiéndolo y complementándolo para que a futuro se lleven a cabo pruebas apegada a las normas existentes.

Las pruebas que se pueden realizar son unas de las más importantes, para calificar y/o determinar las características de los aislamientos, cubiertas y del conductor, por lo que es posible emitir un resultado de aceptación o de rechazo de dichos productos.

Es importante señalar que los equipos se encuentran descalibrados, por lo que se recomienda enviarlos a calibración, con el fin de poder dar un servicio confiable.

Aunque que este trabajo fue desarrollo para cables de baja tensión, es posible aplicar los procedimientos de pruebas del capítulo 6, para realizar pruebas a los cables de alta tensión, con la aclaración que los valores especificados para estos son muy diferentes a los de baja tensión.

Al laboratorio de pruebas le faltan relativamente pocos equipos para estar completo y pensar en brindar un servicio de apoyo a las empresas, sin embargo, podemos considerar que las máquinas que se tienen actualmente son de gran utilidad para analizar, conocer y aprender más sobre los conductores eléctricos.

Los métodos de prueba elaboradas de manera inicial son útiles para poder implementar una serie de prácticas de manera ilustrativa y didáctica para que los alumnos se involucren más con el área.

Es importante conocer y manejar adecuadamente los equipos disponibles en el laboratorio para utilizarlos y explotarlos al 100%. Porque se pueden llegar a utilizar para otros fines siempre y cuando se respeten sus principales limitaciones, como ejemplo de ello se puede decir que el horno de convección forzada es un equipo esencial para el envejecimiento a conductores eléctricos como se estableció anteriormente pero, además, es un equipo de utilidad para el precalentamiento de balastos en los estudios de los sistemas de iluminación, o para poder analizar la influencia de la temperatura en la prueba de rigidez dieléctrica de otros materiales aislantes.

270

**ANEXO A**



Tabla 1.- Factores de corrección por temperatura para la resistencia de conductores requerida a 20°C.

Cobre duro		Cobre semiduro		Cobre suave	
Conductividad %					
96,16	97,12	96,66	97,66	100	
Densidad 8,89 g/cm <sup>3</sup>					
$\alpha$					
0,003 78	0,003 82	0,003 80	0,003 84	0,003 93	
Diámetro del alambre mm					
De 1,0 hasta 8,252	Mayor de 8,252 hasta 12,0	De 1,0 hasta 8,252	Mayor de 8,252 hasta 12,0	De 0,075 hasta 12,0	
Factor de corrección					
°C					
15,0	1,0193	1,0195	1,0194	10,196	10,200
15,5	1,0173	1,0175	1,0174	1,01766	1,0180
16,0	1,0154	1,0155	1,0154	1,0156	1,0160
16,5	1,0134	1,0136	1,0135	1,0136	1,0139
17,0	1,0115	1,0116	1,0115	1,0117	1,0119
17,5	1,0095	1,0096	1,0096	1,0097	1,0099
18,0	1,0076	1,0077	1,0077	1,0077	1,0079
18,5	1,0057	1,0058	1,0057	1,0058	1,0059
19,0	1,0038	1,0038	1,0038	1,0039	1,0039
19,5	1,0019	1,0019	1,0019	1,0019	1,0020
20,0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20,5	0,9981	0,9981	0,9981	0,9981	0,9980
21,0	0,9962	0,9962	0,9962	0,9962	0,9961
21,5	0,9944	0,9943	0,9943	0,9943	0,9941
22,0	0,9925	0,9924	0,9925	0,9924	0,9922
22,5	0,9906	0,9905	0,9906	0,9905	0,9903
23,0	0,9888	0,9887	0,9887	0,9886	0,9883
23,5	0,9869	0,9868	0,9869	0,9867	0,9864
24,0	0,9851	0,9849	0,9850	0,9849	0,9845
24,5	0,9833	0,9831	0,9832	0,9830	0,9826
25,0	0,9815	0,9813	0,9814	0,9812	0,9807
25,5	0,9796	0,9794	0,9795	0,9793	0,9788
26,0	0,9778	0,9776	0,9777	0,9775	0,9770
26,5	0,9760	0,9758	0,9760	0,9756	0,9751
27,0	0,9742	0,9740	0,9741	0,9738	0,9732
27,5	0,9724	0,9721	0,9723	0,9720	0,9714
28,0	0,9706	0,9703	0,9705	0,9702	0,9695
28,5	0,9689	0,9686	0,9687	0,9684	0,9677
29,0	0,9671	0,9668	0,9669	0,9666	0,9658
29,5	0,9653	0,9650	0,9652	0,9648	0,9640
30,0	0,9636	0,9632	0,9634	0,9630	0,9622
30,5	0,9618	0,9614	0,9616	0,9612	0,9604
31,0	0,9601	0,9597	0,9599	0,9595	0,9586
31,5	0,9583	0,9779	0,9581	0,9577	0,9568
32,0	0,9566	0,9562	0,9564	0,9559	0,9550
32,5	0,9549	0,9544	0,9547	0,9542	0,9532
33,0	0,9532	0,9527	0,9529	0,9525	0,9514
33,5	0,9514	0,9510	0,9512	0,9507	0,9496
34,0	0,9497	0,9492	0,9495	0,9490	0,9478
34,5	0,9480	0,9475	0,9478	0,9473	0,9461
35,0	0,9463	0,9458	0,9461	0,9455	0,9443



Tabla 1.- (Continúa)

Cobre Estañado					
Conductividad %					
97,66	97,16	96,16	94,16	93,15	
Densidad 8,89 g/cm <sup>3</sup>					
α					
0,003 84	0,003 82	0,003 78	0,003 70	0,003 66	
Diámetro del alambre mm					
De 7,366 hasta 12,000	De 2,616 hasta 7,365	De 0,511 hasta 2,615	De 0,282 hasta 0,510	De 0,075 hasta 0,281	
°C	Factor de corrección				
15,0	1,0196	1,0195	1,0193	1,0188	1,018 6
15,5	1,0176	1,0175	1,0173	1,0169	1,016 7
16,0	1,0156	1,0115	1,0154	1,0115	1,014 9
16,5	1,0136	1,0136	1,0134	1,0131	1,013 0
17,0	1,0117	1,0116	1,0115	1,0112	1,011 1
17,5	1,0097	1,0096	1,0095	1,0093	1,009 2
18,0	1,0077	1,0077	1,0076	1,0056	1,007 4
18,5	1,0058	1,0058	1,0057	1,0037	1,005 5
19,0	1,0039	1,0038	1,0038	1,0019	1,003 7
19,5	1,0019	1,0019	1,0019	1,0000	1,001 8
20,0	1,0000	1,0000	1,0000	0,9982	1,000 0
20,5	0,9981	0,9981	0,9981	0,9963	0,998 2
21,0	0,9962	0,9962	0,9962	0,9945	0,996 4
21,5	0,9943	0,9943	0,9944	0,9927	0,994 5
22,0	0,9924	0,9924	0,9925	0,9908	0,992 7
22,5	0,9905	0,9905	0,9906	0,9890	0,990 9
23,0	0,9886	0,9887	0,9888	0,9872	0,989 1
23,5	0,9867	0,9868	0,9869	0,9854	0,987 4
24,0	0,9849	0,9849	0,9851	0,9836	0,985 6
24,5	0,9830	0,9841	0,9833	0,9818	0,983 8
25,0	0,9812	0,9813	0,9815	0,9801	0,982 0
25,5	0,9793	0,9744	0,9796	0,9801	0,980 3
26,0	0,9775	0,9766	0,9778	0,9783	0,978 5
26,5	0,9756	0,9758	0,9760	0,9765	0,976 8
27,0	0,9738	0,9740	0,9742	0,9748	0,975 0
27,5	0,9720	0,9721	0,9724	0,9730	0,973 3
28,0	0,9702	0,9703	0,9706	0,9713	0,971 6
28,5	0,9684	0,9686	0,9689	0,9695	0,969 8
29,0	0,9666	0,9668	0,9671	0,9678	0,968 1
29,5	0,9648	0,9650	0,9653	0,9660	0,966 4
30,0	0,9630	0,9632	0,9636	0,9643	0,964 7
30,5	0,9612	0,9614	0,9618	0,9626	0,963 0
31,0	0,9595	0,9597	0,9601	0,9609	0,961 3
31,5	0,9577	0,9579	0,9583	0,9592	0,959 6
32,0	0,9559	0,9561	0,9566	0,9575	0,957 9
32,5	0,9542	0,9544	0,9549	0,9558	0,956 3
33,0	0,9525	0,9527	0,9532	0,9541	0,954 6
33,5	0,9507	0,9510	0,9514	0,9524	0,952 9
34,0	0,9490	0,9492	0,9497	0,9508	0,951 3
34,5	0,9473	0,9472	0,9480	0,9491	0,949 6
35,0	0,9455	0,9458	0,9463	0,9474	0,948 0

Tabla 1.- (concluye)

Aluminio

		Conductividad %	
		61	61,2
		Densidad: 2,703 g/cm <sup>3</sup>	
		0,004 03	0,004 05
		Diámetro del alambre mm	
		De 0,267 hasta 6,604 (Individual del lote)	De 0,267 hasta 6,604 (Promedio del lote)
°C	Factor de corrección		
15,0	1,0206		1,0207
15,5	1,0185		1,0186
16,0	1,0164		1,0165
16,5	1,0143		1,0144
17,0	1,0122		1,0123
17,5	1,0102		1,0102
18,0	1,0081		1,0082
18,5	1,0061		1,0061
19,0	1,0040		1,0041
19,5	1,0020		1,0020
20,0	1,0000		1,0000
20,5	0,9980		0,9980
21,0	0,9960		0,9960
21,5	0,9940		0,9940
22,0	0,9920		0,9920
22,5	0,9900		0,9900
23,0	0,9881		0,9880
23,5	0,9861		0,9860
24,0	0,9841		0,9841
24,5	0,9822		0,9821
25,0	0,9802		0,9802
25,5	0,9783		0,9782
26,0	0,9764		0,9763
26,5	0,9745		0,9744
27,0	0,9726		0,9724
27,5	0,9707		0,9705
28,0	0,9688		0,9686
28,5	0,9669		0,9667
29,0	0,9650		0,9648
29,5	0,9631		0,9630
30,0	0,9613		0,9611
30,5	0,9594		0,9592
31,0	0,9576		0,9574
31,5	0,9557		0,9555
32,0	0,9539		0,9537
32,5	0,9520		0,9518
33,0	0,9502		0,9500
33,5	0,9484		0,9482
34,0	0,9466		0,9463
34,5	0,9448		0,9445
35,0	0,9430		0,9427

NOTAS: 1.-  $\alpha$  es el coeficiente de variación de la resistencia por temperatura, para el material correspondiente. Este coeficiente varía de acuerdo al diámetro del alambre.  
 2.- Los valores de conductividad y densidad están referidos a 20°C.

276

**ANEXO B**





## REPORTE DE PRUEBAS EN CABLES DE BAJA TENSION

SOLICITANTE: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
 DIRECCION: \_\_\_\_\_ TEL: \_\_\_\_\_  
 MATERIAL: \_\_\_\_\_

### DATOS OBTENIDOS Y/O RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ELECTRICAS

FECHA: \_\_\_\_\_  
 NORMA o METODO UTILIZADO: \_\_\_\_\_  
 EQUIPO UTILIZADO: \_\_\_\_\_

MUESTRA o CARRETE	LONGITUD (m) o (km)	AREA (mm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA ELECTRICA		RESISTIVIDAD MΩ/km. a 20°C	ABSORCION DE AGUA (CAPACITANCIA %)		ALTA TENSION (KV)		RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		
			Ω	Ω/Km A 20°C		1 A 14 DIAS	7 A 14 DIAS	A.C.	D.C.	Ω	CTTE. (MΩ/Km) K= A	MΩ Km A
								PISO AGUA HRS.	PISO AGUA HRS.			
E S P E C I F I C A D O	MIN.											
	MAX.											
	NOM											
O B T E N I D O												

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Andrés Angulo C.

## RESULTADOS DE LA PRUEBA MECÁNICA TÉRMICA LABORATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

FECHA DE PRUEBA: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE DE LA PRUEBA: \_\_\_\_\_  
 NORMA(S) Y PRUEBAS A REALIZAR: \_\_\_\_\_  
 TEMPERATURA DEL AMBIENTE AL EFECTUAR LA PRUEBA: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS: \_\_\_\_\_

	UNIDADES	ESPECIMENES SIN ENVEJECIMIENTO			ESPECIMENES CON ENVEJECIMIENTO		
		1	2	3	4	5	6
Esesor del Aislamiento	mm						
Distancia inicial entre Marcas (Lo)	mm						
Distancia Final entre Marcas (Lr)	mm						
Área de la Sección Transversal	mm <sup>2</sup>						
Carga de Ruptura	Kg						
Esfuerzo de Tensión a la Ruptura	Kg /mm <sup>2</sup>						
Alargamiento a la Ruptura	%						
Marca Comercial del Conductor							
Calibre del Conductor							
Tipo de Aislamiento							
Tipo de Especimenes (tubular o probeta):							

	HORAS AL DÍA							
ESPECIMENES EN EL HORNO A PRUEBA								
ESPECIMENES FUERA DEL HORNO, REPOSO								

TOTAL DE HORAS SOMETIDOS LOS ESPECIMENES A ENVEJECIMIENTO CON EL HORNO: \_\_\_\_\_

TOTAL DE HORAS EXPUESTOS LOS ESPECIMENES EN REPOSO A TEMPERATURA AMBIENTE ANTES DE SOMETER LOS ESPECIMENES A TENSIÓN MECÁNICA: \_\_\_\_\_

% RETENCIÓN DEL ESFUERZO DE TENSIÓN A LA RUPTURA: \_\_\_\_\_  
 % RETENCIÓN AL ALARGAMIENTO A LA RUPTURA: \_\_\_\_\_

CUMPLE O NO, CON LA(S) NORMA(S): \_\_\_\_\_  
 RESPONSABLE(S) DE LA PRUEBA: \_\_\_\_\_ APROBÓ: \_\_\_\_\_  
 COMENTARIOS Y OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

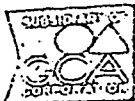
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

# ANEXO C





PRECISION  
**PS**  
SCIENTIFIC



CERTIFICATION OF CALIBRATION

**SCOTT TESTERS**  
MATERIALS TESTING EQUIPMENT

The Scott Tensile Tester Model L Serial No. 216A has been calibrated in accordance to ASTM E-74

The (X) Calibration Weights, ( ) Calibration Device are verified semi-annually against National Bureau of Standards Certified Weights.

Test No. 20103 Dated: 5/25/72

Calibration Weight	Reading On Tester	Calibration Weight	Reading On Tester	Calibration Weight	Reading On Tester
<u>0-120 Lb.</u>	<u>Capacity</u>	<u>0-300 Lb.</u>	<u>Capacity</u>		
0	0	0	0	200	200
10	10	10	10	210	210
20	20	20	20	220	220
30	30	30	30	230	230
40	40	40	40	240	240
50	50	50	50	250	250
60	59.9	60	60	260	260
70	70	70	70	270	270
80	80	80	80	280	280
90	90	90	90	290	290
100	100	100	100	300	299.9
110	110	110	110		
120	120	120	120		
130	130	130	130		
140	140	140	140		
150	149.9	150	150		
		160	160		
		170	170		
		180	180		
		190	190		
		200	200		
		210	210		
		220	220		
		230	230		
		240	240		
		250	250		
		260	260		
		270	270		
		280	280		
		290	290		
		300	300		

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- (X) Constant Rate of Inverse Tester (CRT)
- ( ) Calibration of Recorder within specification.
- ( ) Constant Rate of Load (CRL) Calibration within specification.
- ( ) Constant Rate of Extension Tester (CRET) Calibrated within accuracy of ±1% of specification.
- ( ) Specimen Dimension Compensator Calibrated within specification.

Tester Certified By: George Batha

George Batha  
Quality Control Manager

Date: 5/26/72

DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
BUREAU OF PLANT INDUSTRY  
WASHINGTON, D. C.

**ANEXO D**



## EJEMPLO 1

### PRUEBAS ELÉCTRICAS

A continuación se muestran los resultados de las pruebas eléctricas realizadas al cable de Aleación de Aluminio Serie AA-8000, Calibre 1/0 con Aislamiento de Cadena Cruzada tipo XHHW-2 para 600Volts, Marca Southwire.

La realización de las pruebas es de acuerdo a los procedimientos del capítulo 6; los valores que debe cumplir, son de acuerdo a la norma NOM-063.

#### 1 Resistencia Eléctrica en c.d.

La resistencia eléctrica se determina de acuerdo con el procedimiento 6.9 y el valor obtenido no debe exceder en más del 2% los valores indicados en la tabla 1.

**TABLA 1.-** Requisitos de construcción para cables concéntricos de aleación de aluminio AA-8000.

Designación del conductor		Número de alambres del conductor	Diámetro exterior nominal			Resistencia eléctrica a 20 °C nominal $\Omega / \text{Km}$
Área de la sección transversal nominal mm	Calibre AWG o KCM		normal	Comprimido	Compacto	
42,41	1	19	8,43	8,18	7,59	0,679 6
53,48	1/0	19	9,46	9,19	8,53	0,538 7
67,43	2/0	19	10,60	10,30	9,55	0,427 5

Se retira el aislamiento en uno de sus extremos, se limpian los puntos de contacto y se deja reposar durante 30 minutos.

La separación entre las terminales de conexión de potencial y corriente es de: 1,5 X Perímetro del Conductor.

Se toman varias medidas del diámetro sobre el conductor:

- 1) 8,51
- 2) 8,35
- 3) 8,77
- 4) 8,46
- 5) 8,46
- 6) 8,56
- 7) 8,56
- 8) 8,45

Promedio:  $D = 8,51 \text{ mm}$

Por lo tanto la distancia es:

$$1,5 \times \pi D = 1,5 \times \pi (8,51) = 40 \text{ mm.}$$

Balanceando el puente de Kelvin se obtiene la medición que es de:  $1,2 \text{ m } \Omega$ .

La resistencia por unidad de longitud es:  $R_L = R_{\text{medida}} / L$

L: Longitud del cable entre contactos de potencial y es de:  
 $2,26 \text{ m} = 0,002 26 \text{ Km.}$

**Resistencia por unidad de longitud:**

$$R_L = 1,2 \times 10^{-3} / 0,002 26 = 0,530 9 \Omega / \text{Km.}$$

**Resultado:** el material cumple.

**Condiciones de prueba:** Temperatura Ambiente  $20^\circ\text{C}$   
Presión Atmosférica  $582 \text{ mm Hg}$

## 2 Absorción de Humedad Método Eléctrico

El cable debe cumplir con los valores de la tabla 3:



	Incremento en capacitancia, máximo, en %	
	de 1 a 14 días	de 7 a 14 días
XLP Y EP	10	4
Aislamiento combinado con CP	6	2

**Tabla 3**

Esta prueba se realiza por el método eléctrico de acuerdo con el procedimiento 6.10.

El cable se sumerge en el agua a temperatura ambiente y se mide la capacitancia después de: 24 horas (1 día), de 7 días y 14 días.

Los valores obtenidos son:

Día	Capacitancia en $\mu\text{F}$
1	1,61
7	1,51
14	1,53

Obteniendo el porcentaje:

De 1 a 14 días:

$$\frac{C_2 - C_1}{C_1} \times 100 = \frac{1,53 - 1,61}{1,61} \times 100 = 4,9\%$$

De 7 a 14 días

$$\frac{C_2 - C_1}{C_1} \times 100 = \frac{1,53 - 1,51}{1,51} \times 100 = 1,32\%$$

**Resultado:** el material cumple.

**Condiciones de prueba:** Temperatura Ambiente 20°C  
Presión Atmosférica 582 mm Hg.

### 3 Alta Tensión

El conductor aislado se sumerge en agua durante 6 horas a temperatura ambiente, posteriormente deben soportar durante un minuto la aplicación de una tensión de c.a. de acuerdo a lo especificado en la tabla 2. Esta prueba se realiza de acuerdo al procedimiento de prueba 6.11.

**TABLA 2.-** Valores de prueba de alta tensión para cables de energía de baja tensión con aislamiento de polietileno de cadena cruzada o a base de etileno propileno.

Designación del conductor		Alta tensión C.A. KV	
Área de la sección transversal, nominal mm <sup>2</sup>	Calibre AWG o KCM	XHHW	RHH, RHW
8,367 a 33,62	8 al 2	3,4	5,5
42,41 a 107,2	1 al 4/0	4,0	7,0
67,43 a 253,4	250 al 500	5,0	8,0

Se aplica 4,0 KV al cable durante un minuto, al término se debe descargar el cable.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Resultado:** el cable si soporto la tensión aplicada.

**Condiciones de prueba:** Temperatura Ambiente 20°C  
Presión Atmosférica 582 mmHg

#### **4 Resistencia de Aislamiento**

Una vez realizada la prueba de alta tensión con c.a., descrita en el párrafo anterior, el conductor aislados debe tener una resistencia de aislamiento igual o mayor a la calculada mediante el empleo de la constante de aislamiento K de 2 560 MΩ-Km a 20°C, (valor indicado en la norma NOM-063), determinándose de acuerdo al procedimiento 6.12.

Según NMX-J-294-ANCE:

$$R_{\text{esp}} = K \log_{10} D/d$$

Donde:

$R_{\text{esp}}$  = Resistencia de aislamiento especificada en MΩ-Km.

K = Constante de aislamiento en MΩ-Km.

D = Diámetro sobre el aislamiento en mm.

d = Diámetro bajo el aislamiento en mm.

**Diámetro sobre el aislamiento (mm):**

- 1) 11,63
- 2) 11,63
- 3) 11,66
- 4) 11,72
- 5) 11,58
- 6) 11,55
- 7) 11,71
- 8) 11,67
- 9) 11,62
- 10) 11,63

**Promedio:**  $D = 11,64 \text{ mm}$

$$R_{\text{esp}} = 2 \cdot 560 \log_{10} 11,64 / 8,51 = 348,219 \text{ M}\Omega\text{-Km}$$

**Valor Obtenido:** con el megger, mayor a 200 M $\Omega$ .

**Nota:** El intervalo del equipo es hasta 200 M $\Omega$ , por lo que no se puede determinar si el cable cumple.

**Condiciones de prueba:** Temperatura Ambiente 20°C  
Presión Atmosférica 582 mmHg

## **EJEMPLO 2**

### **PRUEBA MECÁNICA**

Datos y resultados que se obtienen en la prueba con la máquina de tensión mecánica.

A manera de ejemplo para la realización de las principales pruebas Mecánicas y de acuerdo al procedimiento de prueba 6.1 se toma una muestra<sup>1</sup> de cable, calibre 14 con aislamiento del tipo; termoplástico, resistente a sobrecalentamientos y resistente a la intemperie THW.

Nota 1: La longitud de la muestra del conductor eléctrico debe de ser de 1,00 a 1,50 metros como mínimo para las pruebas mecánicas y térmicas independientemente del tramo de conductor para las pruebas eléctricas.

El aislamiento aplicado al conductor por extrusión, debe cumplir con los requisitos dimensionales y físicos que posteriormente se mencionan de acuerdo con las especificaciones de la norma NOM-J-063 o la norma específica NMX-J-10 vigente.

## 1. Propiedades Físicas

### Esesor del aislamiento

El esesor promedio del aislamiento del cable THW no debe ser menor que el esesor nominal y el valor mínimo medido en cualquier punto no debe de ser menor que el 90% del esesor nominal especificado e indicado en la siguiente tabla 1.

Designación del conductor		Esesor nominal del aislamiento mm		Esesor mínimo en cualquier punto de la cubierta de nailon mm
Área de la sección transversal nominal mm <sup>2</sup>	Calibre AWG o KCM	TW, THW, THHW, THHW-LS	THWN, THHN	
2,082 a 3,307	14 a 12	0,76	0,38	0,10
5,260	10	0,76	0,51	0,10
8,367	8	1,14	0,76	0,13
13,30	6	1,52	0,76	0,13
21,15 a 33,62	4 a 2	1,52	1,02	0,15
42,41 a 107,2	1 a 4/0	2,03	1,27	0,18
126,7 a 253,4	250 a 500	2,41	1,52	0,20
304,0 a 506,7	600 a 1 000	2,79	1,78	0,23

**Tabla 1.-** Esesores de aislamiento y de la cubierta de nailon

## 2. Propiedades Mecánicas al Aislamiento

El aislamiento debe de ser de aspecto uniforme y estar libre de burbujas, grumos, poros u otros defectos. Los datos mínimos que se espera obtener de la muestra deben cumplir con las siguientes características de la tabla 2.

**Tabla 2.-** Especificaciones de los aislamientos de norma NOM-J-063

PROPIEDADES	unidades	TW	THW, THW-LS	THWN	THHN
Esfuerzo por tensión a la ruptura (ET) mínimo	Mpa	10,3	<b>13,8</b>	13,8	13,8
ET mínimo	Kg/mm <sup>2</sup> [Kgf/cm <sup>2</sup> ]	1,05 [105]	<b>1,41</b> [141]	1,41 [141]	1,41 [141]
Alargamiento por tensión a la ruptura mínimo	%	100	<b>150</b>	150	150

**Tabla 2**

## 3 Análisis de las Pruebas Mecánicas

En el laboratorio se tienen las herramientas necesarias (dadas en el “procedimiento 6.1”) y diversos tipos de conductores para obtener los especímenes que se someterán a la prueba de Tensión Mecánica.

Es recomendable que los conductores de los cuales se obtienen las muestras sean lo más nuevos posible, es decir, que no presenten alguna imperfección visible en su aislamiento para realizar una prueba apegada con la norma y para poder analizar y discutir los resultados obtenidos.

### 3.1 Determinación del tipo de espécimen

La muestra del conductor eléctrico de calibre 14 tiene una sección transversal menor de  $33,62 \text{ mm}^2$  (2 AWG) y su espesor es menor a 2,4 mm (tabla 1) por lo tanto se obtienen del aislamiento especímenes tipo tubular.



### 3.2 Área de la sección transversal del aislamiento

En el laboratorio, siguiendo el “procedimiento 6.1 de prueba” se obtiene los datos que se muestran en la siguiente tabla 3 con los especímenes del conductor THW.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



ESPECIMENES	UNIDADES	Sin Envejecimiento		
		1	2	3
<b>Diámetro exterior del Aislamiento</b>	mm	3,45	3,40	3,45
<b>Diámetro interior del Aislamiento</b>	mm	1,85	1,80	1,85
Distancia inicial entre Marcas (Lo)	mm	100	100	100
Distancia Final entre Marcas (Lr)	mm	260	230	235
<b>Área de la Sección Transversal</b>	mm <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> )	6,66 (0,067)	6,53 (0,065)	6,66 (0,067)
<b>Carga de Ruptura</b>	<b>Kg</b>	13,8	12,65	13,8
Esfuerzo de Tensión a la Ruptura	Kg/mm <sup>2</sup> Kg/cm <sup>2</sup>	2,07 205,97	1,94 194,61	2,07 205,97
% Alargamiento a la Ruptura	%	160	130	135

Tabla 3

Con la fórmula  $S = \pi (D^2 - d^2) / 4$  [mm<sup>2</sup>] y la muestra a probar de calibre # 14, se calcula los siguientes datos:

Sección transversal nominal (de la tabla 1) del conductor:  
2,082 mm<sup>2</sup>.

Sección transversal del conductor calculado:  
 $d_{\text{interior}} = 1,80$  mm por lo tanto  $S = (\pi 1,80^2) / 4 = \underline{2,5 \text{ mm}^2}$ .

El área de sección transversal (S) del aislamiento mínimo debe ser el siguiente:

$$d = [4(2,082) / \pi]^{\frac{1}{2}} = 1,628 \text{ mm} \quad D = 2(0,76) + 1,628 = 3,148 \text{ mm}$$
$$\underline{S = \pi (3,148^2 - 1,628^2) / 4 = 5,702 \text{ mm}^2.}$$

La sección transversal del aislamiento calculado es:

$$d_{\text{interior}} = 1,80 \text{ mm} \quad D_{\text{exterior}} = 3,40 \text{ mm} \quad \underline{S = \pi(3,40^2 - 1,80^2) / 4 = 6,53 \text{ mm}^2.}$$

El aislamiento debe tener un espesor nominal de 0,76 mm (tabla 1) como mínimo.

El espesor del aislamiento de la muestra calculado:  $(D - d)/2$

$$e_{\text{Espesor}} = (3,4 - 1,8)/2 = \underline{0,8 \text{ mm}}.$$

### 3.3 Porcentaje de alargamiento

Para determinar el porcentaje de alargamiento o elongación del aislamiento se usa la fórmula  $L = [(L_r - L_o)/L_o] 100$  del procedimiento de prueba 1.

Como el valor mínimo en porcentaje de elongación debe ser de L = 150 % dado en la tabla 2 por norma, el valor  $L_r$  mínimo que se espera al someter el espécimen a la prueba es el siguiente:

$$L_r = L(L_o)/100 + L_o$$

En donde:

$L_o$  = Es la distancia original entre marcas, (valor máximo posible dado en forma arbitraria) 100 mm.

$L$  = Es el alargamiento, en porciento.

$L_r$  = Es la distancia medida 2 entre marcas en el momento de la ruptura del espécimen, expuestas en la tabla 3.

Si  $L_o = 100$  mm, la distancia mínima de elongación al momento de la ruptura debe ser de:

$$\underline{L_r = 150(100)/100 + 100 = 250 \text{ mm.}}$$

**Nota 2:** Es importante volver a mencionar que para obtener el porciento de elongación se cuenta con dos posibilidades:

- 1) Por medio de la "regla" graduada en pulgadas, realizando la conversión a las unidades respectivas al sistema internacional.
- 2) Por medio de la gráfica que se obtiene del graficador de chispa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Como se menciona con anterioridad en el procedimiento de prueba, Para determinar la elongación al momento de la ruptura ( $L_r$ ) basta con seguir la mordaza móvil con la "regla de mica transparente" y obtener el valor directamente al momento de la ruptura del espécimen.

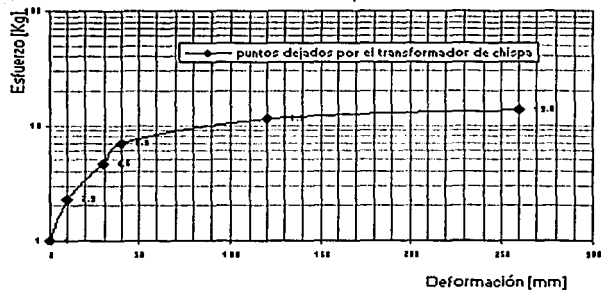
Para obtener valores un poco más precisos es necesario utilizar el graficador de chispa. Con valores de tensión fijos en forma arbitraria (mínimo 5 valores) se puede graficar también la curva por medio de la computadora.

Con las graficas obtenidas de los especímenes, copiadas en papel semi-logarítmico, se anexa al final del ejemplo junto con un formato de prueba, se obtienen directamente los siguientes datos.

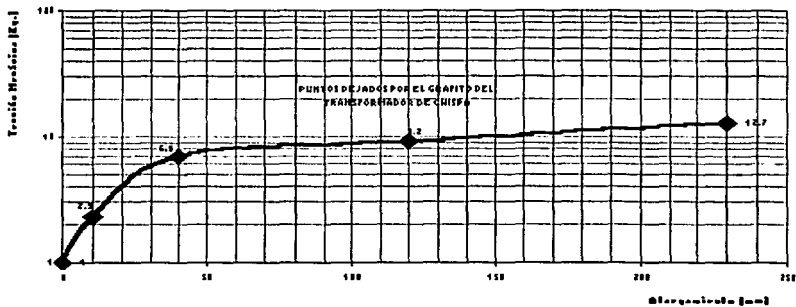
Especimen 1		Especimen 2		Especimen 3	
deformación en mm	tensión mecánica en Kg	deformación en mm	tensión mecánica en Kg	deformación en mm	tensión mecánica en Kg
0	1	0	1	0	1
10,0	2,3	10	2,3	18	4,6
29	4,6	29	4,14	29	6,9
40	6,9	40	6,9	49	9,2
120	11,5	120	9,2	118	11,5
260	13,8	230	12,7		

Tabla 4

Gráfica del Especimen 1

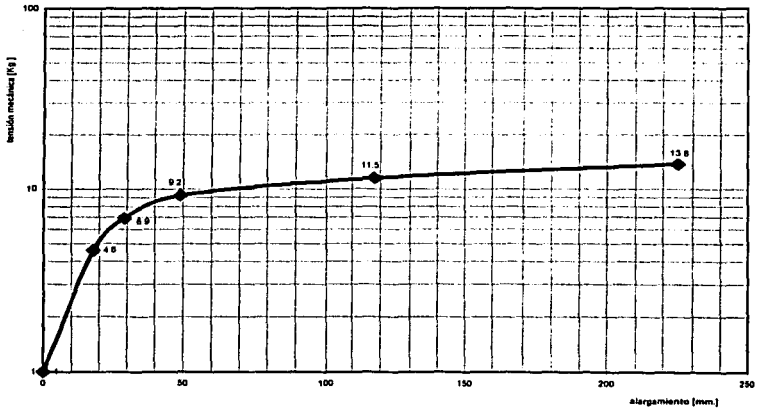


Gráfica del Especimen 2



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Gráfica del espécimen 3



Como puede verse en la tabla 4 y en las graficas de los especimenes el último valor de la fila corresponde a los valores de elongación y de tensión a la ruptura respectivamente.

### 3.4 Esfuerzo de tensión a la ruptura

El valor mínimo de esfuerzo de tensión a la ruptura que debe soportar el aislamiento es de 13,8 MPa o de 141 Kg/cm<sup>2</sup> (1,41 Kg/mm<sup>2</sup>). Dado por la norma NOM-J-063 expuesto en la tabla 2.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si el Esfuerzo a la tensión mínimo para los especímenes de aislamiento tipo **THW** debe de ser de **1,41 Kg/mm<sup>2</sup>** y la sección transversal es de:

$$\mathbf{S = 5,702 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Entonces } P = E(S) \quad P = 1,41(5,702)$$

$$\mathbf{P = 8,04 \text{ Kg.}}$$

De la tabla 4 puede observarse que el valor mínimo de los especímenes bajo prueba es de **P = 11,5 Kg.**

Es importante tomar en cuenta que para determinar los valores esperados en la prueba con la máquina de tensión de los especímenes es necesario hacer previamente algunas conversiones de unidades.

Como 1 lb = 460,246 gramos entonces, 1 kg = 2,173 libras, por lo tanto se debe esperarse que la máquina de tensión registre la siguiente carga de ruptura:

$$\mathbf{P = 8,04 (2,173) = 17,47 \text{ libras como mínimo.}}$$

**P = 25 libras** (11,5 Kg) Valor mínimo obtenido del espécimen 3 bajo prueba.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. *Journal of the American Medical Association*, 1980; 243: 1000-1005.

2. *Journal of the American Medical Association*, 1981; 245: 1000-1005.

3. *Journal of the American Medical Association*, 1982; 247: 1000-1005.

4. *Journal of the American Medical Association*, 1983; 250: 1000-1005.

5. *Journal of the American Medical Association*, 1984; 255: 1000-1005.

6. *Journal of the American Medical Association*, 1985; 258: 1000-1005.

7. *Journal of the American Medical Association*, 1986; 260: 1000-1005.

8. *Journal of the American Medical Association*, 1987; 262: 1000-1005.

9. *Journal of the American Medical Association*, 1988; 264: 1000-1005.

10. *Journal of the American Medical Association*, 1989; 266: 1000-1005.





**Autor: Lozanne Lawson, Leonaro de**

**Título: Instalación Operación y Mantenimiento del Laboratorio de Máquinas Eléctricas. Descripción de tableros de control máquinas y aparatos.**

**Tesis de la UNAM, ING.**

**Autor: García Olivares Eduardo**

**Título: Pruebas eléctricas para cables de potencia de alta tensión**

**Tesis de la UNAM, ING.**

**Autor: Lira Chávez Carlos y Paulin Ortiz T. Manuel**

**Título: Probador de aislamientos y resistencias**

**Tesis de la UNAM, ING.**

**Autor: Badillo Trejo Alfredo**

**Título: Diseño de un laboratorio para pruebas de cables aislados de alto voltaje**

**Tesis de la UNAM, ING.**

**Autor: Acuña Torres Jesús Cuitlahuac**

**Carvajal Reyes Gil Fernando**

**Guerrero Sandoval José Mauricio**

**Título: Aprovechamiento de los recursos del laboratorio de Ingeniería eléctrica para realizar pruebas en alta tensión**

**Tesis de la UNAM, ING.**

Autor: Cacho Gómez Aguilar

Titulo: Técnicas y control en la fabrica de conductores eléctricos para intemperie con forro de neopreno

Tesis de la UNAM, F. Q.

Autor: Ilorente Manuel

Titulo: cables eléctricos aislados.

Ed. Limusa

Autor: Richard Williams

Titulo: Física de aislantes.

Ed. CECSA

Autor: James G. Biddle Co.

Titulo: Instruction Manual for the use of "Megger" Insulation testers.

Manual de operación, julio 1954

Autor: Beer & Johnston

Titulo: Mecánica de Materiales

Ed. Mc Graw Hill

Autor: N. Bratu, E. Campero

Titulo: Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño

Ed. ALFAOMEGA

Norma Oficial Mexicana NOM- 063 vigente:

Productos eléctricos –Conductores- Requisitos de Seguridad.