
Norma Venezolana COVENIN



1182 - 78

Método de ensayo para determinar el factor de potencia y la constante dielectrica de liquidos aislantes.

C.D.U. 621.315.61.553.98

Publicado por



CODELECTRA

TRAMITE:

COMITE: CT 11 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

PRESIDENTE: Ing° Paul Luby

SECRETARIO: Ing° Lelys Médicci

SUB-COMITE CT 11/SC1 ELECTROTECNIA

COORDINADOR: Ing° Lelys Médicci

PARTICIPANTES

COMITE

ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

REPRESENTANTE

Paul Luby

Carlos Lima

Alberto Gómez

Lelys Médicci

ENTIDAD O EMPRESA

MINDUR

EPSILON S.A.

INGENIERIA VECTOR

CODELECTRA

SUBCOMITE CT11/SCI ELECTROTECNIA

G R U P O

Esta norma fué elaborada por el grupo de Aceites Aislantes de CODELECTRA, compuesto por los profesionales siguientes:

Juan Reyes

Jesús Cabello

Antonio Silva

Rómer Ferrer B.

Carlo Bramanti

Alfredo Domingo Royo

Bernd Giessel

Hector Elias

Orlando Márquez

CADAFE

PURAMIN

PURAMIN

CAIVET

CAIVET

INDUSTRIAS CELTA

U.C.V.

ELECTRICIDAD DE CARACAS

CODELECTRA

DISCUSION PUBLICA:

Fecha de envio: 8/6/78

Duración: 45 días

FECHA DE APROBACION POR EL COMITE:

18/8/78

FECHA DE APROBACION POR COVENIN:

10/10/78

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL FACTOR
DE POTENCIA Y LA CONSTANTE DIELECTRICA
DE LIQUIDOS AISLANTES

I N D I C E

	Página
1 Alcance	1
2 Normas COVENIN a consultar	1
3 Equipo de ensayo	1
3.1 Aparatos	1
4 Material a ensayar	2
4.1 Muestras	2
4.2 Condiciones y conservación de la muestra	2
5 Condiciones de ensayo	2
5.1 Temperatura de ensayo	2
5.2 Tensión de ensayo	3
5.3 Factor de potencia	3
6 Procedimiento	3
6.1 Ensayos de arbitraje, referencia o comprobación	3
6.2 Factor de potencia	5
6.3 Constante dieléctrica	5
7 Expresión de los resultados	5
8 Informe	6
9 Relación con otras normas	6
Apendice A	7
Apendice B	9

NORMA VENEZOLANA

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL FACTOR
DE POTENCIA Y LA CONSTANTE DIELECTRICA
DE LIQUIDOS AISLANTES

1 ALCANCE

Esta norma contempla el método de ensayo para determinar el factor de potencia, y la constante dieléctrica de líquidos aislantes eléctricos nuevos, en servicio o después de haber sido utilizados en cables, transformadores, interruptores y otros equipos eléctricos.

2 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

Esta norma es completa.

3 EQUIPO DE ENSAYO

3.1 APARATOS.

3.1.1 Celdas de prueba.

3.1.1.1 Se usan tres tipos de celdas las cuales se indican en las figuras B 1, B 2 y B 3.

3.1.1.2 Para ensayos de rutina puede usarse la celda mostrada en la figura B 4.

3.1.2 Cámara de pruebas.

3.1.2.1 Cuando los ensayos se efectúen por encima de la temperatura ambiente, pero a menos de 300°C, se utiliza un horno de circulación forzada y temperatura controlada como cámara de pruebas. Para ensayos a temperatura ambiente, el horno apagado puede ser usado como cámara de pruebas.

3.1.2.2 La cámara de pruebas estará provista de un agujero en la pared, a través del cual se pasarán dos cables largos aislados con TFE-Fluoro Carbón ("Teflón") para hacer las conexiones eléctricas desde el equipo de medición y transformador de alta tensión respectivamente a la celda de pruebas. Si el piso del horno no está aislado se usará una placa o disco de cerámica perforado para aislar la celda del mismo. La puerta del horno estará provista de un interruptor de seguridad de modo que los circuitos eléctricos de alta tensión queden interrumpidos al abrir la puerta.

3.1.2.3 Una vista en corte de la cámara de pruebas con una celda de tres electrodos y cables conectados se muestra en la figura 1.

4 MATERIAL A ENSAYAR

4.1 MUESTRAS.

4.1.1 El material a ensayar consiste en muestras de aceite y askarel obtenidas con un aparato de toma de muestras adecuado al tipo de líquidos y preferiblemente a través de un sistema cerrado, en caso contrario la muestra se toma cuando la humedad relativa del ambiente sea 50% o menos.

Nota. Algunos líquidos en ciertas aplicaciones, requieren un procedimiento de manejo especial al tomar la muestra y éste debe ser aprobado. Antes de tomar las muestras deberán consultarse los procedimientos respectivos.

4.1.2 La cantidad de muestra necesaria para este ensayo debe ser suficiente para, por lo menos, tres ensayos separados del factor de potencia.

4.1.3 El material a ensayar se colocará en un celda de tres terminales.

4.2 CONDICIONES Y CONSERVACION DE LA MUESTRA.

4.2.1 La muestra se almacena en su envase original sellado y protegido de la luz, ya que algunos líquidos, como aceites derivados del petróleo, acusan cambios cuando son expuestos a la luz solar. El envase sellado se conserva en el lugar donde se vaya a realizar el ensayo durante un período de tiempo suficiente como para permitir que la muestra adquiera la temperatura de la habitación antes de abrirla.

5 CONDICIONES DE ENSAYO

5.1 TEMPERATURA DEL ENSAYO.

5.1.1 La temperatura a la cual se efectúa un determinado ensayo se selecciona, de mutuo acuerdo entre comprador y vendedor. Los ensayos de factor de potencia se efectúan a muy diversas temperaturas, sin embargo los ensayos de aceptación se realizan generalmente a 100°C mientras que los de rutina suelen ejecutarse a la temperatura ambiente, a 85 ó 100°C. En algunas investigaciones científicas, los ensayos pueden ser realizados a temperaturas considerablemente elevadas y en otros casos, particularmente los ensayos del aceite de cables en servicio, se ejecutan sobre un rango amplio de temperatura.

5.1.2 Para equilibrar la temperatura de la muestra, el tiempo que se emplea no debe exceder de 20 minutos ya que sus características pueden

sufrir cambios.

5.2 TENSION DE ENSAYO.

5.2.1 El esfuerzo eléctrico promedio a que se somete la muestra será normalmente de 200 voltios/milímetros (eficaz). Siendo deseables es - fuerzos eléctricos más elevados, pero sin que ocurran descargas eléctricas entre los electrodos a lo largo de las superficies aisladas externas de la celda. El rango del esfuerzo eléctrico normal para los ensayos mencionados es de 1 200 V/mm (eficaz).

5.3 FACTOR DE POTENCIA.

5.3.1 Las mediciones de factor de potencia se efectúan mientras la temperatura del electrodo interior esté $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de la temperatura deseada para la prueba.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 ENSAYOS DE ARBITRAJE, REFERENCIA O COMPROBACION.

6.1.1 Limpieza de la celda de prueba.

6.1.1.1 Se limpia y seca la celda, inmediatamente antes de hacer el ensayo, según los procedimientos indicados en 6.1.1.2 y 6.1.1.3.

6.1.1.2 Se desarma la celda completamente y se lavan todos sus componentes con tetracloruro de carbono de grado técnico, tricloroetileno o tricloro fluoro etano (otros solventes como éter de petróleo, benceno, pentano, etc. son satisfactorios para este uso, pero no son recomendados por los riesgos de incendio que presentan).

6.1.1.3 Se lavan los componentes de la celda con un jabón o detergente medianamente abrasivos y se coloca el electrodo en un lugar limpio.

6.1.1.4 Se enjuagan todas las partes, primero con agua caliente, luego con agua fría y por último con agua destilada; cuidando que no penetre humedad en la entrada del termómetro a los electrodos de la celda que aparece en la figura B 1.

6.1.1.5 Después que las superficies de los electrodos y guarda electrodos han sido lavadas debe evitarse tocarlas durante el enjuague u otra subsiguiente operación.

6.1.1.6 Se colocan las partes de la celda de prueba en un horno y se mantienen a 110°C por un tiempo no menor de 60 minutos. Las celdas fabricadas de Monel (aleación de dos partes de níquel y una de cobre) no se secan a esa temperatura, por más de 90 minutos, pues la oxidación puede ocasionar la obtención de resultados erróneos.

6.1.1.7 Se debe tener cuidado que la superficie del horno en la que se va a colocar las partes de las celdas esté bien limpia.

6.1.1.8 Terminado el período de secado, se arma la celda en el horno usando guantes limpios, de algodón, como protección de las manos, observando siempre las precauciones indicadas en 6.1.1.5.

6.1.1.9 Se coloca lo más pronto posible la celda armada en la cámara de pruebas manteniéndola a una temperatura de 5°C por encima de la temperatura de ensayo deseada y se espera que la celda alcance una temperatura uniforme.

6.1.2 Conservación de la celda de pruebas.

6.1.2.1 Cuando la celda de pruebas no se use, debe conservarse limpia y seca, de acuerdo con el punto 6.1.1, y debe guardarse en un gabinete donde se conserve libre de contaminación hasta que sea usada en cuyo caso debe volverse a limpiar según el mismo punto.

6.1.3 Preparación de la muestra y llenado de la celda.

6.1.3.1 Con el objeto de obtener una muestra representativa, se inclina o invierte lenta y repetidamente el envase que la contiene. Una vez homogenizada la muestra, se vierte en un vaso seco y químicamente limpio una cantidad de líquido suficiente para llenar dos veces la celda, se calienta en una plancha a temperatura 2°C menos que la temperatura deseada, durante el período de calentamiento el líquido debe agitarse frecuentemente.

6.1.3.2 Se saca la celda de la cámara de pruebas, y se extrae el electrodo interior, colocándolo en lugar limpio, y se llena la celda con una porción de la muestra caliente. Se coloca nuevamente el vaso con el líquido restante en la plancha. Se instala el electrodo interior y se enjuagan los electrodos sumergiéndolos dos veces en el líquido. Se remueve el electrodo interior y se mantiene suspendido en el aire; entonces se vacía el líquido, se llena inmediatamente la celda con el resto de la muestra caliente y se instala definitivamente el electrodo interior.

6.1.3.3 Se coloca un termómetro de mercurio (ver nota), graduado en divisiones de 0,25°C en el recipiente previsto en el electrodo. Inmediatamente se regresa la celda llena a la cámara de prueba (ajustada a una temperatura de 5°C por encima de la deseada para el ensayo) y se ejecutan las conexiones eléctricas necesarias.

Nota. PRECAUCION. Para medir la temperatura del electrodo interior puede usarse una termocupla en espiral, debiendo cuidarse que los alambres de ésta no hagan contacto con los cables de alta tensión y no aparezcan fuerzas electromotrices inducidas.

6.1.3.4 Las operaciones descritas en 6.1.3.2 y 6.1.3.3 deben hacerse tan rápidamente como sea posible.

Nota. La técnica anterior, luego de experimentada, ha sido la que ha dado mejores resultados para pruebas a 110°C, para temperaturas más altas existe poca experiencia, sin embargo hay laboratorios especializados que han desarrollado su propia técnica trabajando con temperatura superior.

6.2 FACTOR DE POTENCIA.

6.2.1 Para completar la medición inicial, se extrae el electrodo interior, se saca todo el líquido y se rellena la celda siguiendo el mismo procedimiento, tomando las mismas precauciones que se tomaron en el primer llenado y luego se efectúa otra medición, si la diferencia de los dos valores de factor de potencia es igual o menor que 0,0001 más el 10% del más alto, no es necesario hacer más ensayos, y el factor de potencia de las muestras se toma del promedio de los dos valores. Si la diferencia de los dos valores es mayor de 0,0001 más el 10% del valor más alto, se rellena la celda y se efectúa una tercera medición, si la diferencia entre la tercera medición y cualquiera de las dos anteriores es mayor que 0,0001 más el 10% del más alto de los valores comparados, se descartan los resultados, se limpia la celda, se obtiene otra muestra y se repite el procedimiento hasta que dos mediciones sobre una muestra queden dentro de los límites prescritos.

6.3 CONSTANTE DIELECTRICA.

6.3.1 Se mide la capacitancia de una celda de pruebas con aire como dieléctrico y luego con un líquido.

7 EXPRESION DE LOS RESULTADOS

7.1 El factor de potencia medido se expresa en porcentaje (%).

7.2 La constante dieléctrica se calcula por la siguiente ecuación:

$$K = C_x / C_v$$

donde:

K = Constante dieléctrica del líquido.

C_x = Capacitancia de la celda de prueba con líquido como dieléctrico.

C_v = Capacitancia de la celda con aire como dieléctrico.

8 INFORME

8.1 Debe elaborarse un informe que incluya los siguientes datos:

8.1.1 Norma COVENIN utilizada.

8.1.2 Tipo de celda de pruebas utilizada.

8.1.3 Método de medición.

8.1.4 Gradiente de tensión promedio en la muestra durante la prueba, en voltios por milímetros (eficaz).

8.1.5 Frecuencia de la tensión aplicada.

8.1.6 temperatura de la muestra al efectuar el ensayo.

8.1.7 Temperatura y humedad del local durante el ensayo.

8.1.8 Factor de potencia y constante dieléctrica de la muestra.

9 RELACION CON OTRAS NORMAS

ASTM D 924-65 (American Society for Testing and Materials).
Estados Unidos.

A P E N D I C E A

MODIFICACIONES PERMITIDAS PARA HACER ENSAYOS DE RUTINA

a.1 Generalidades.

A.1.1 Cuando se desea obtener un valor aproximado del factor de potencia de una muestra, o efectuar ensayos a un grupo de muestras del mismo tipo de líquido aislante, para asegurarse que su valor es mayor o menor que los valores especificados, se permiten ciertas modificaciones al "procedimiento para hacer los ensayos de arbitraje, referencia o comprobación" como se expone en la sección siguiente.

A.2 Equipo de ensayo.

A.2.1 Celda de prueba.

A.2.1.1 Puede usarse cualquier celda que cumpla con los requisitos dados en el Apéndice. Para ensayos de rutina, puede omitirse el uso del electrodo de guarda, asegurándose que la celda de dos electrodos sea de una capacitancia adecuada, y con suficiente relación de área superficial a espesor de la muestra, para permitir una operación adecuada del equipo de medición.

A.2.2 Cámara de pruebas.

A.2.2.1 Para ensayos de rutina puede usarse un baño de aceite que tenga una distribución uniforme de la temperatura y regulación adecuada de la misma, siempre que al sumergirse la celda en el baño, la diferencia de temperatura entre la celda y cualquier parte de los electrodos interno y externo no exceda de 2°C. Un método menos indicado es mediante el uso de una plancha caliente, pues las variaciones de temperatura a través de la celda puedan invalidar los resultados.

En general es preferible el uso de una cámara con circulación forzada de aire.

A.3 Condiciones de ensayo.

A.3.1 Temperatura del ensayo.

A.3.1.1 La medición del factor de potencia puede efectuarse siempre y cuando el líquido bajo ensayo se encuentre a $\pm 2^\circ\text{C}$ de la temperatura deseada.

A.3.2 Tensión de ensayo.

A.3.2.1 Para realizar ensayos de rutina no se especifican los valores mínimos de la tensión, debido a que para la determinación del factor de potencia mediante un puente de capacitancias pueden utilizarse tensio -

nes reducidas. Para los valores máximos de tensión véase el punto 5.2.

A.3.2.2 Para ensayos de rutina pueden utilizarse frecuencias comprendidas entre 25 a 1 000 Hz.

A.3.3 Número de ensayos.

A.3.3.1 Para medir el factor de potencia, sólo será necesario probar una muestra.

A.4 Procedimiento.

A.4.1 Limpieza de la celda de prueba.

A.4.1.1 Debido a que algunas celdas de dos electrodos no pueden ser desarmadas, el procedimiento de limpieza normalizado en la sección 6.1.7 no siempre se puede seguir. Cuando esto suceda, es indispensable que ca da laboratorio determine un buen procedimiento de limpieza de modo que puedan garantizarse la confiabilidad de los resultados. Sólo se utilizará como agentes de limpieza los solventes mencionados en 6.1.1.2.

A.4.1.2 Cuando se ensayan en forma consecutiva varias muestras del mismo tipo de líquido sólo será necesario limpiar previamente la celda, cuando el valor del factor de potencia de la última muestra considerada, sea mayor que el valor máximo especificado.

A.4.2 Preparación de la muestra y llenado de la celda.

A.4.2.1 Debido a diferencias constructivas entre los varios tipos de celdas que pueden utilizarse para ensayos de rutina, no se detallan procedimientos para la preparación del líquido y llenado de la celda, sin embargo deben considerarse las precauciones mencionadas en la sección 6.1.2.

A.4.2.2 Siempre debe enjuagarse la celda con una porción del líquido a ser probado, antes de llenarla.

A.4.3 Conexiones eléctricas.

A.4.3.1 Cuando se realicen conexiones eléctricas a una celda de dos electrodos, la pantalla de los conductores usualmente conectada al electrodo de guarda (ver figura 1), se conectará firmemente al aislamiento de TFE-fluorocarbono para prevenir contacto con cualquier superficie.

A P E N D I C E B

CELDA USADA PARA MEDIR FACTOR DE POTENCIA Y CONSTANTE

DIELECTRICA DE LIQUIDOS AISLANTES ELECTRICOS

B.1.1 Diseño de la celda. Una celda diseñada para medir factor de potencia y constante dieléctrica de líquidos aislantes eléctricos debe cumplir con las siguientes especificaciones.

B.1.1.1 El diseño de la celda será tal que facilite la limpieza de los componentes de ésta, permitiendo su uso en un baño caliente determinado, que cuente con los elementos necesarios para medir la temperatura del líquido en prueba.

B.1.1.2 Los materiales usados en la construcción de la celda deben ser no porosos y capaces de resistir satisfactoriamente las temperaturas a las que la celda está sujeta en las pruebas. El alineamiento de los electrodos no debe ser influido por la temperatura ni por la operación de llenado de la celda con el líquido de prueba.

B.1.1.3 Los electrodos o sus superficies serán fabricadas con un metal capaz de resistir el ataque de las mezclas de ácidos que se producen en los aceites derivados del petróleo, particularmente después de prolongada exposición a altas temperaturas. Los metales que han sido probados satisfactoriamente para este uso son: oro, níquel, monel (aleación de níquel y cobre), platino y acero inoxidable. En pruebas de líquidos con valores bajos del factor de potencia; las superficies recubiertas han resultado menos satisfactorias que los electrodos sólidos de metal. Sin embargo han resultado adecuadas para probar líquidos de baja acidez y por cortos períodos de tiempo, utilizándose recubrimientos de oro, platino, níquel, cromo sobre níquel ó rodio.

B.1.1.4 Cuando se deseen realizar determinaciones más confiables del factor de potencia o constante dieléctrica, debe colocarse un electrodo de guarda que en forma de pantalla proteja adecuadamente al electrodo principal. Podrá usarse un conductor protegido o coaxial para conectar el electrodo de guarda y los electrodos de medición, bien sea directamente o por medio de un enchufe al puente.

B.1.1.5 El aislamiento sólido utilizado para soportar el electrodo de guarda, no debe hacer contacto con la muestra bajo prueba.

B.1.1.6 Los materiales aislantes usados en la construcción de la celda no absorberán ni serán afectados por los líquidos de las pruebas o solventes de limpieza. El factor de potencia de esos materiales debe ser necesariamente bajo, particularmente el comprendido entre el electrodo de guarda y el electrodo de medición, de otra manera pueden encontrarse dificultades al balancear los circuitos de guarda a temperaturas eleva-

das. Los materiales aislantes que han sido probados satisfactoriamente son vidrio borosilicado, cuarzo, esteatita y TFE-fluorocarbono. Los materiales termoplásticos, tales como la goma dura, poliestireno, etc; aún teniendo buenas propiedades eléctricas no son estables y se ablandan antes de los 130°C, otros materiales similares a la mica moldeada absorben los solventes y por lo tanto se consideran no satisfactorios para medir líquidos con bajo valor de factor de potencia.

B.1.1.7 En el diseño de la celda, la distancia medida a lo largo de la superficie de la muestra y a través del material aislante sólido entre el electrodo de guarda y el de medición, será dimensionada de forma tal que pueda soportar la diferencia de potencial alcanzada en las pruebas. Se ha encontrado que las corrientes de fuga a través de estos caminos afectan el balanceo de ciertos tipos de puentes.

B.1.1.8 El área del electrodo de medición y la distancia entre éste y el electrodo de alta tensión debe estar en una relación tal que circule una corriente que garantice el funcionamiento adecuado del equipo de medición, cuando el recipiente está lleno de la muestra. No se recomienda ningún valor mínimo de la capacitancia. De todas formas es indispensable que la precisión de la medición sea compatible con la exactitud de este método.

B.1.2 Celdas de prueba recomendadas.

En las figuras B 1, B 2, B 3 y B 4 se describen cuatro celdas de prueba que se consideran apropiadas para medir el factor de potencia y la constante dieléctrica de materiales aislantes eléctricos.

B.1.2.1 Figura B 1. La celda que aparece en la figura B 1, es una celda de tres terminales diseñada para realizar las pruebas de arbitraje, referencia o comprobación cuando deben hacerse con la mayor seguridad y precisión. Fabricada con Monel, su capacidad es de 185 ml; su capacitancia, con aire como dieléctrico, es aproximadamente 75 pF y es apta para utilizarse con tensiones hasta 5 kV y temperatura hasta 150°C.

B.1.2.2 Figura B 2. La celda que se muestra en la figura B 2 es también de tres terminales diseñada para realizar investigaciones con pequeñas cantidades de líquido a temperaturas hasta 500°C. Fabricada con Monel, su capacidad es de 40 ml; y su capacitancia, con aire como dieléctrico, es de 35 pF y es capaz de operar hasta 5 kV.

B.1.2.3 Figura B 3. La celda que se muestra en la figura B 3 es de tres terminales, también diseñada para realizar las pruebas de arbitraje, referencia y comprobación, y para hacer investigaciones en pequeñas cantidades de líquido a temperaturas hasta 150°C fabricada con acero inoxidable, su capacidad es de 40 ml y puede usarse con tensiones hasta 3 kV. Esta celda ha sido propuesta por la Comisión Electrotécnica Internacional para usarse como modelo normalizado internacional.

B.1.2.4 Figura B 4. La celda mostrada en la figura B 4 es de dos elementos y se usa solamente para hacer pruebas de rutina. Los cilindros concéntricos son de bronce recubierto con níquel y están montados en una base de TFE-fluorocarbono (Teflón). El recipiente es de vidrio borosilicado y su capacidad es de 800 ml. El volumen requerido de aceite para efectuar la prueba es de 500 ml. La celda puede usarse con tensiones de hasta 5 kV y temperaturas de hasta 150°C.

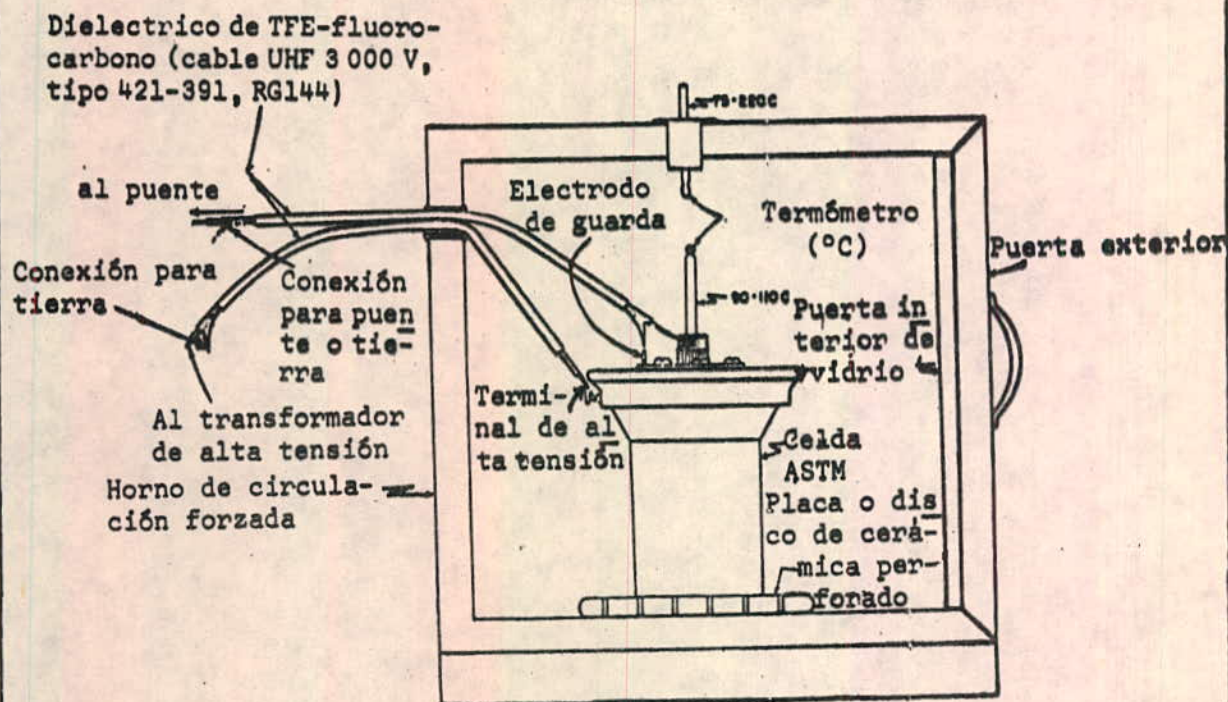


Fig 1. Cámara de pruebas para la medición del factor de potencia a temperaturas elevadas, usando una celda de pruebas de tres electrodos.

CODELECTRA
Comité de Electricidad
de Venezuela

Av. Principal, Las Mercedes
Edf. Centro Vectorial, Piso 1
Caracas 1060
Tlf. 91.99.06, 91.29.92