

### **NOTA IMPORTANTE:**

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

**ININ/ Oficina Nacional de Normalización**

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

ISO 5636-5: 2005  
(Publicada por la ISO, 2003)

---

**PAPEL Y CARTÓN — DETERMINACIÓN DE PERMEABILIDAD  
AL AIRE Y RESISTENCIA AL AIRE (RANGO MEDIO) —  
PARTE 5: MÉTODO GURLEY  
(ISO 5636-5:2003, IDT)**

Paper and board — Determination of air permeance and air  
resistance (medium range) —Part 5: Gurley method

---

ICS: 85.060

1. Edición      Junio 2005  
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.  
Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048 Correo electrónico: [nc@ncnorma.cu](mailto:nc@ncnorma.cu)



Cuban National Bureau of Standards

## **Prefacio**

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

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

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el NC/CTN 32 “Papel, cartón y pulpa”, integrado por las entidades siguientes:
  - Grupo Empresarial del Papel – MINBAS
  - Oficina Nacional de Normalización
  - Empresa Nacional de Envases y Embalaje
  - Integración Poligráfica – MINIL
  - Unión de Investigación-Producción de la Celulosa del Bagazo Cuba-9
  - Centro de Investigación y Desarrollo Técnico del Ministerio del Interior
  - Unión de Recuperación de Materias Primas
  - Grupo Empresarial de la Industria Químico-Farmacéutico
  - Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia-MINAL
  
- Sustituye la NC 42-10: 1966 Porosidad en papel y cartón.
  
- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la norma ISO 5636-5:2003 Paper and board — Determination of air permeance and air resistance (medium range) — Part 5: Gurley Method.
  
- Consta de los Anexos A y B

### **© NC, 2005**

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

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba**

## Índice

Prefacio.....	2
Introducción.....	4
1 Objetivo.....	5
2 Referencias normativas.....	5
3 Términos y definiciones.....	5
4 Fundamento del método .....	6
5 Aparatos.....	6
6 Muestreo.....	8
7 Acondicionamiento.....	8
8 Preparación de las piezas de ensayo.....	8
9 Procedimiento.....	8
10 Expresión de los resultados .....	9
11 Presición.....	10
12 Informe de ensayo.....	10
Anexo A (informativo) Variaciones en aparatos.....	11
Anexo B (normativo) Calibración de volumen.....	12

## **0 Introducción**

Esta parte de la NC ISO 5636 describe un método para medir la permeabilidad al aire, o si se requiere, la resistencia al aire del papel y cartón usando el principio de medida conocido como "Gurley". La presión del aire en el cilindro varía ligeramente según el desplazamiento del mismo, pero se ha demostrado que la variación es sobre el 1,2 % de la presión media para 100 ml de desplazamiento y sobre el 4 % para un cilindro con un desplazamiento de 400 ml. Puesto que estas variaciones están dentro de los límites del 5 % especificado en la ISO 5636-1, y el aparato cumple con los requisitos generales detallados en la citada norma, los resultados de la permeabilidad al aire se pueden expresar en micrómetros por Pascal por segundo ( $\mu\text{m}/\text{Pa}\cdot\text{s}$ ).

## PAPEL Y CARTÓN — DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AL AIRE Y RESISTENCIA AL AIRE (RANGO MEDIO) — PARTE 5: MÉTODO GURLEY

### 1 Objeto

Esta Norma Cubana especifica el método Gurley para determinar la permeabilidad al aire del papel y el cartón. Es aplicable a papeles y cartones con una permeabilidad entre  $0,1 \mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$  y  $100 \mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$ . Este método no es aplicable a materiales de superficie rugosa, que no pueden fijarse debidamente entre las mordazas y por tanto no puedan evitarse fugas de aire.

Este método también se puede usar para determinar la resistencia al aire del papel y el cartón.

### 2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

ISO 48, Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD).

NC ISO 186, Papel y cartón — Toma de muestras para determinar la calidad media

NC ISO 187, Papel, cartón y pulpas. Atmósfera normal de acondicionamiento y ensayo y procedimiento para controlar la atmósfera y el acondicionamiento de muestras.

ISO 385-1, Laboratory glassware — Burettes — Part: General requirements.

ISO 3104, Petroleum products — Transparent and opaque liquids — Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity

ISO 5636-1, Paper and board — Determination of air permeance (medium range) — Part: General method.

### 3 Términos y definiciones

A los fines de este documento se aplican los términos y las definiciones siguientes:

#### 3.1 permeabilidad al aire

Es el flujo medio de aire que pasa a través de una unidad de superficie por unidad de diferencia de presión en una unidad de tiempo, bajo condiciones especificadas.

**NOTA:** La permeabilidad al aire se expresa en micrómetros por Pascal por segundo [ $1 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{Pa}\cdot\text{s}) = 1 \mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$ ].

#### 3.2 resistencia al aire

Tiempo requerido para que un volumen específico de aire por una unidad de presión pase a través de una unidad de área.

**NOTA:** La resistencia al aire se expresa en segundos por 100 mililitros [ $\text{s}/(100 \text{ ml})$ ].

#### 4 Principio de método

El aire es comprimido por el peso de un cilindro vertical que flota en un líquido. Una pieza de ensayo está en contacto con el aire comprimido y el cilindro desciende uniformemente a medida que el aire pasa a través de la pieza de ensayo. Se mide el tiempo que demora en pasar un volumen determinado de aire y, a partir de él, se calcula la permeabilidad al aire.

#### 5 Aparatos

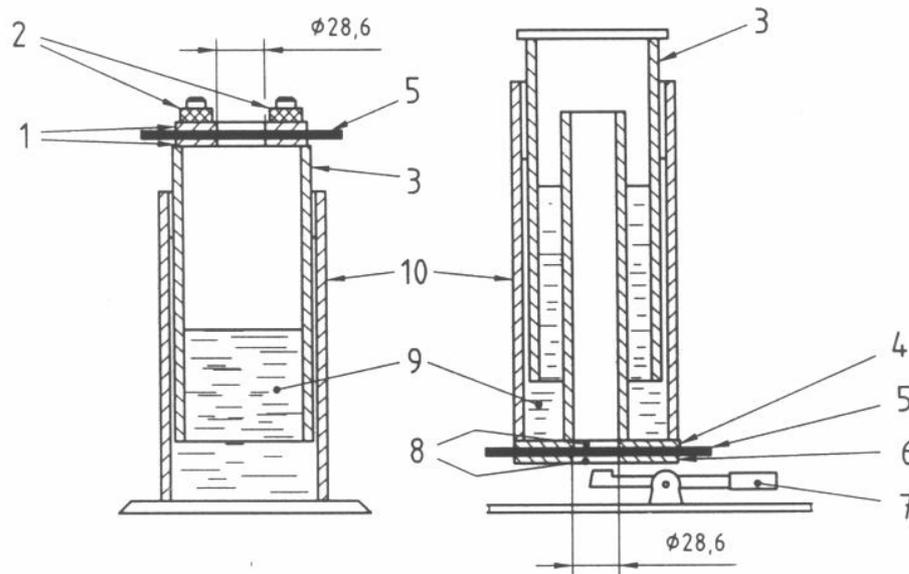
##### 5.1 Aparato Gurley de medida de la permeabilidad al aire

El aparato Gurley (véase Figura 1), está formado de un cilindro exterior parcialmente lleno con líquido de sellado, y un cilindro interior, que tiene abierta o cerrada su parte superior y que puede deslizarse libremente dentro del cilindro exterior. Se aplica una presión de aire que proviene del peso del cilindro interior, a la probeta que está fijada entre dos mordazas en un orificio circular. Las mordazas están en la parte superior si el cilindro interior está abierto, o en la base del aparato si la parte superior del cilindro es cerrada. Se prefiere esta última disposición (Ver Anexo A). Una junta elástica se monta en la mordaza en su lado expuesto a la presión de aire para prevenir las fugas de aire entre la superficie del papel y la mordaza.

La junta consiste en un material fino, elástico, resistente a la grasa y a la oxidación, la cual tiene una superficie lisa y pulida, con un espesor de 0,7 mm a 1,0 mm y una dureza de 50 IRHD a 60 IRHD (International Rubber Hardness Degrees) según la ISO 48. El diámetro interior de la junta es de 28,6 mm y el diámetro exterior es de 34,9 mm. El orificio de la junta está alineado concéntricamente con el orificio de las mordazas. Para una exacta alineación y protección la junta en uso, se montan pegadas en una ranura mecanizada en el interior de la mordaza. La ranura es concéntrica con el orificio de la mordaza opuesta. Su diámetro interior es de  $(28,50 \pm 0,15)$  mm, su profundidad es de  $(0,45 \pm 0,05)$  mm, su diámetro exterior es de  $(35,2 \pm 0,1)$  mm, para una conveniente inserción y sujeción de la junta. Cuando la junta se monta dentro de la ranura concéntrica define el área de medición y debe tener un diámetro interior de  $(28,6 \pm 0,1)$  mm ( $6,42 \text{ cm}^2$  área). La junta se debe cambiar a intervalos regulares.

El cilindro exterior tiene 254 mm de altura con un diámetro interior de 82,6 mm. La superficie interior tiene tres o cuatro barras-guías verticales equidistantes, cada una con una longitud mínima de 190 mm y máxima de 245,5 mm, y 2,4 mm cuadrados ó 2,4 mm de diámetro., para servir de guía para el cilindro interior.

Dimensión en milímetros



1 mordazas y junta

2 tuercas

3 cilindro interior de masa 567 g

4 junta

5 piezas de ensayo

6 mordaza

7 palancas de carga

8 orificio para salida de aire

9 aceite

10 cilindro exterior

**Figura 1 — Diagrama del Aparato Gurley de medida de permeabilidad al aire**

El cilindro interior está fabricado de una aleación de aluminio, posee en su superficie exterior una escala graduada en unidades de 50 ml hasta un total de 300 ml. Algunos cilindros pueden tener graduaciones de 25 ml entre las marcas de 0 ml y 100 ml. La escala marcada representa el volumen exacto comprendido dentro del cilindro interior y, la mayoría de los instrumentos son exactos dentro de un 0,5%. El volumen exacto de un cilindro interior se puede verificar por medio del procedimiento dado en el Anexo A. El cilindro tiene una altura de  $(254 \pm 0,5)$  mm, un diámetro exterior de  $(76,2 \pm 0,5)$  mm y un diámetro interior de aproximadamente 74 mm, tal que la masa del cilindro ensamblado es de  $(567 \pm 0,5)$  g.

Los volúmenes referidos son volúmenes nominales y se debe incrementar por el volumen del flujo desplazado por las paredes del cilindro interior durante el ensayo, en la práctica, como quiera que este error es común a todos los instrumentos de este tipo, se ignora. Para un instrumento, el volumen real entregado entre las marcas de 100 ml y 200 ml fue 106 ml.

**5.2 Líquido sellante**, aceite, con una densidad de  $(860 \pm 30) \text{ kg/m}^3$  ( $0,86 \pm 0,03) \text{ g/cm}^3$ , una viscosidad de 16 cP a 19 cP a  $20^\circ \text{C}$  de acuerdo con la ISO 3104 y un punto de inflamación de por lo menos  $135^\circ \text{C}$ . (El cambio en la especificación de la viscosidad del aceite a una viscosidad cinemática de  $10 \text{ mm}^2/\text{s}$  a  $13 \text{ mm}^2/\text{s}$  a  $38^\circ \text{C}$  está basada en las propiedades físicas típicas de aceites ligeros de parafina).

**5.3 equipos auxiliares**, cronómetro, o reloj eléctrico con una exactitud dentro de 0,5% en todos los niveles y capaz de comenzar la lectura cerca de los 0,2 s.

## 6 Toma de muestra

La toma de muestra no esta incluida en esta norma. Si se desea determinar la calidad media de un lote, las muestras se tomaran de acuerdo con la NC ISO 186. Si los ensayos son realizados sobre otro tipo de muestra, asegure que las piezas de ensayos tomadas son representativas de las muestras recibidas.

## 7 Acondicionamiento de las muestras

Las muestras se acondicionan de acuerdo con la NC ISO 187.

## 8 Preparación de las piezas de ensayo

Normalmente es suficiente preparar una probeta o pieza de ensayo de cada una de las diez hojas de muestra seleccionada (Ver 10.3).

Donde las mordazas de los aparatos están en la parte superior del cilindro interior, es conveniente una probeta de (50 x 120) mm; para aparatos que tienen la mordaza en la base, es adecuada una probeta de 50 mm cuadrados.

## 9 Procedimiento

### 9.1 Determinación

Lleve a cabo el ensayo en las mismas condiciones atmosféricas usadas para el acondicionamiento de las muestras.

Coloque el instrumento sobre una superficie nivelada para que los cilindros estén verticales. Chequee el nivel de aceite en el cilindro exterior para asegurar una altura de aproximadamente 120 mm indicada por el anillo marcado sobre la superficie interior del cilindro.

Para un instrumento que tenga la mordaza en la base, levante el cilindro interior hasta apoyar su borde en el soporte, fijar la pieza de ensayo entre las mordazas, liberar el soporte y bajar el cilindro hasta que flote.

Para instrumentos con la mordaza en la base; y, para aquellos papeles que la superficie permite la fuga de aire, o la fuga de aire es a través de la hoja, esto puede ser un problema, la fuerza de la mordaza debe ser controlada para asegurar la repetibilidad. La fuerza de la mordaza debe ser repetible y ajustarse a una fuerza mínima de 150 N.

Para un instrumento que tiene la mordaza en la parte superior del cilindro interior, levante el cilindro interior con una mano, fije la pieza de ensayo con la otra, entonces baje el cilindro interior y permita que flote en el aceite. Alternativamente ver debajo, se puede sacar el cilindro interior, fijar la pieza de ensayo y bajar suavemente el cilindro interior dentro del cilindro interior.

**NOTA:** El mismo procedimiento adecuado es apretar las tuercas alternativamente de modo tal que la presión de sujeción de las mordaza sea la mismo en ambos lados. Si solamente se aprieta una tuerca, la mordaza no sostendrá uniformemente la pieza de ensayo y probablemente ocurra fuga de aire.

Si se usa el procedimiento alternativo, debe llevarse a cabo con mucho cuidado para evitar derrame de aceite sobre la pieza de ensayo, reducción en el volumen de aceite y contaminación del mismo.

Una vez que el cilindro alcance un movimiento estable, mida el tiempo en segundos empleados en pasar, los primeros dos 50 ml marcados en la escala, por el borde del cilindro exterior. El tiempo se puede medir con la siguiente precisión:

- hasta 60 s: lo más cercano a 0,2 s;
- por encima 60 s: lo más cercano a 1 s.

Para papeles y cartones relativamente impermeables, la lectura puede tomarse en el final del intervalo de los primeros 50 ml. Con papeles muy abiertos o porosos, un mayor volumen de aire se puede medir. Si no se logra un movimiento estable del cilindro interior antes de llegar a la marca de cero, el cronometraje puede comenzar en la marca de 50 ml.

Si se mide un volumen distinto de 100 ml, calcular el tiempo  $t$  basado en 100 ml.

Es esencial evitar la vibración de los aparatos, ya que esto aumenta la velocidad de desplazamiento del aire.

## 9.2 Numero de ensayos

Ensaye un mínimo de 10 muestras, cinco con el lado superior hacia arriba y 5 con el lado superior hacia abajo.

## 10 Expresión de los resultados

**10.1** Calcule la permeabilidad al aire para dos cifras significativas a partir de la formula:

$$P = \frac{135,3}{t}$$

Donde:

$P$  es la permeabilidad de aire, en micrómetros por Pascal segundo -  $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$

$t$  es el tiempo medio, en segundos, para el paso de 100 ml de aire (como medida del volumen marcado sobre el cilindro).

Esta fórmula está basada en una diferencia de presión media de 1,22 kPa y un área de ensayo de 6,42 cm<sup>2</sup> y un volumen actual de 106 ml de aire pasando a través de la muestra de ensayo a presión ambiente.

**NOTA:** Debido al principio de este método de ensayo, la presión real en el instrumento disminuye en tanto el cilindro desciende dentro del aceite y los volúmenes reales que pasan a través de la pieza de ensayo son ligeramente mayores que los volúmenes de la escala. En la práctica, como quiera que estos errores son comunes a todos los instrumentos de este tipo, se ignoran.

Debe haberse observado que hay un error sistemático de alrededor del 6 % cuando se hacen comparaciones con resultados realizados por otros métodos descritos en la ISO 5636-1.

**10.2** Si se requiere la desviación estándar, calcularla desde la réplica de tiempo medidas y corregir a micrómetros por pascal segundo usando la fórmula en 10.1.

**10.3** Si la media de la permeabilidad al aire medida en los dos lados son significativamente diferentes y si se requiere mostrar esta diferencia en el informe de ensayo, se necesitan diez ensayos para cada cara. El resultado será reportado separadamente.

**10.4** Si se requiere medir la resistencia al aire, esta se debe informar como "Resistencia al Aire (Gurley)" en segundos y es el tiempo  $t$ , obtenido en 10.1. Reporte los valores con dos cifras significativas.

## **11 Precisión**

Cuando dos piezas de ensayos son analizadas de la misma muestra y son ensayadas en el mismo laboratorio, por el mismo operador, se puede esperar que los resultados promedios de las dos pruebas concuerden en el 95 % de las veces, dentro de un 10%.

No se dispone de información sobre reproducibilidad.

## **12 Informe del ensayo**

El informe de ensayo debe incluir la siguiente información:

- a) referencia a esta norma 5636;
- b) fecha y lugar del ensayo;
- c) toda la información necesaria para completar la información de la muestra;
- d) tipo de instrumento empleado;
- e) condiciones atmosféricas empleadas;
- f) el número de probetas ensayadas;
- g) la permeabilidad al aire, en micrómetros por pascal segundos, para dos cifras significativas, o si se requiere, la resistencia al aire, en segundos por 100 milímetros, con dos cifras significativas;
- h) desviación estándar o coeficiente de variación, si se requerido;
- i) cualquier desviación del presente procedimiento.

**Anexo A**  
(informativo)

**Variaciones en aparatos**

En 5.1 se hizo referencia a la existencia de dos versiones de aparatos. En una versión, las mordazas están montadas en el tope superior de flotación del cilindro interior. En la otra versión, las mordazas están montadas en la porción fija de la base de los aparatos, y todas las dimensiones citadas se relacionan con el modelo actual de esta versión.

Existen también muchos ejemplos de modelos anteriores de este instrumento. Los modelos anteriores no contaban con juntas, aunque se creía que todos aquellos fabricados desde finales de 1945 las tuvieran. En estos las dimensiones eran ligeramente diferentes, pero la diferencia no era significativa en los resultados esperados. Parece ser que el diámetro interior de la junta y la ranura se variaron un poco, de tal manera que, ha sido necesario alargar la junta ligeramente para fijarla dentro de la ranura. El área efectiva de ensayo, no obstante, siempre parece haber sido dentro del 1 % de la original  $6,452 \text{ cm}^2$  (1 pulg.<sup>2</sup>).

Algunos de los cilindros interiores son graduados en unidades de 25 ml en los primeros 100 ml y pueden tener un intervalo de graduación de hasta 400 ml. En algunos cilindros las graduaciones grabadas son reemplazadas por una etiqueta adhesiva graduada.

Alternativamente se utilizan cilindros interiores con una masa de 142 g. El flujo de aire obtenido con estos cilindros es de aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de aquel obtenido con los cilindros de 567 g.

Alternativamente se utilizan mordazas que poseen  $1,61 \text{ cm}^2$  (diámetro 14,3 mm) ó  $0,64 \text{ cm}^2$  (diámetro 9,0 mm) y estos dan un flujo de aire sobre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{10}$  de lo normal.

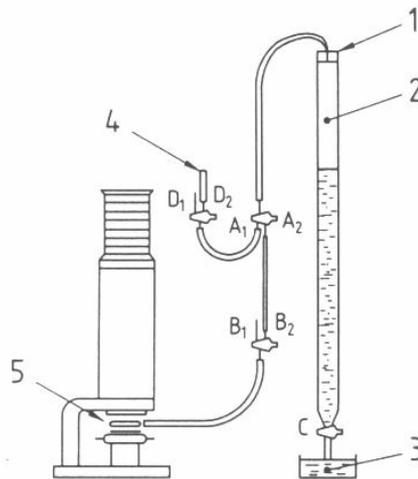
Se informara el uso de cilindros alternativos o mordazas referidos anteriormente, por que los resultados solo se pueden convertir aproximadamente a aquellos, que se obtendrían con un aparato estándar.

**Anexo B**  
(normativo)

**Calibración de volumen**

Comprobar la fuga de aire en el aparato, fijando entre las mordazas una hoja delgada, lisa, rígida e impermeable de metal o plástico. Usando el procedimiento descrito en 9.1, la fuga de aire no excederá de 50 ml en 5 h. Si la fuga de aire excede 50 ml en 5 h, repetir la comprobación con una hoja de caucho blando en lugar del material de superficie rígida.

Compruebe el volumen del cilindro interior con el aparato que se muestre en la Figura B.1. Por medio de un plato adaptador especial (Figura B.2), conectar el aparato Gurley a la bureta de 100 ml clase A, según la norma ISO 385-1, graduado en 0,2 ml a través de dos válvulas de cristal de tres vías A y B. Conectar otra válvula de tres vías D a la línea de vacío y a la válvula A. En todas las conexiones se emplea tubería de presión flexible de goma.



**Leyenda**

1 tapón de goma

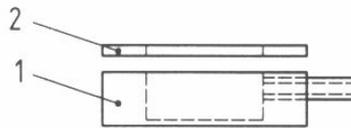
4 conexión de vacío

2 buretas de 100 ml 5 plato adaptador

3 colector de agua

de A a D llave de tres vías

**Figura B.1 — Aparato de calibración**



### Leyenda

1 latón

2 goma

**Figura B.2 — Plato adaptador**

Llene la bureta con agua, abriendo las llaves  $A_2$ ,  $D_2$  y C, en ese orden, hasta que el nivel de agua esté por encima de la marca de 35 ml. Restaure la presión atmosférica en la bureta abriendo la llave  $D_1$ . Abra  $B_1$  y se eleva el cilindro interior por encima del nivel de aceite, de modo que su señal de cero esté, aproximadamente 1,5 mm por encima de un punto de referencia del cilindro exterior. Abra las llaves  $A_2$  y  $B_2$  y se lleva la marca de cero exactamente hasta el punto de referencia eliminando agua de la bureta. Comprobar las fugas de aire permitida por el aparato dejando transcurrir 15 min. Si el cilindro se ha desplazado, comprobar la fuga por todas las conexiones.

Ajuste exactamente la marca de cero al punto de referencia y se lee el valor en la bureta. Se elimina el agua de la bureta hasta que la primera marca de 50 ml en el cilindro interior coincida con el punto de referencia y lea de nuevo en la bureta próximo a los 0,1 ml. La diferencia entre las lecturas proporciona el volumen de aire desplazado por el aparato Gurley para el primer intervalo de 50 ml.

Se presentan tres mediciones para cada intervalo de 50 ml, desde cero hasta la escala completa y se calcula la media de cada serie de tres mediciones. Si las tres mediciones no están comprendidas dentro de un intervalo de 1,0 ml de la media, se repiten las mediciones. Restar el 5,7 % de cada valor medio, para compensar el volumen de fluido desplazado por las paredes del cilindro interior, el cambio de los niveles de aceite entre los cilindros, y el cambio de presión dentro del cilindro interior. Si el error es superior al 3 %, compile una tabla de corrección para las graduaciones del cilindro interior.

Un procedimiento alternativo que no requiere el uso de una bureta calibrada de 100 ml es tomar el peso del volumen de agua colectada aproximado a 0,1 g y determinar el volumen por cálculo usando la densidad del agua.