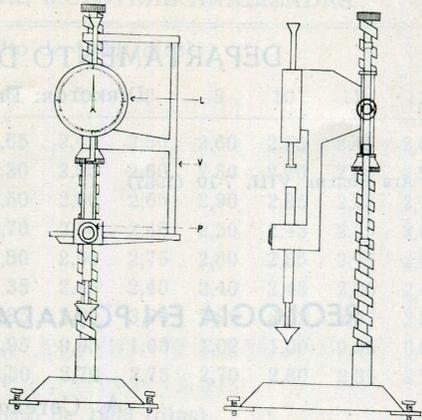


(R-104-67) FIGURAS 1 y 2



(R-105-67) FIGURA 3

b) *Sistema de soporte y disparo*: El dispositivo de caída se encuentra introducido en las guías del sistema de soporte unido a su vez, según puede verse en la figura, al tronco base del penetrómetro.

En el penetrómetro manual suele situarse en el soporte el sistema de disparo consistente en un pulsador que deja libre el dispositivo de caída en tanto es oprimido, gracias a un sistema de tenaza que tiene atrapada a la varilla conductora; al oprimir el pulsador, éste se introduce entre los brazos de la tenaza quedando libre la varilla conductora. Basta dejar de oprimir para que de nuevo quede fijada dicha varilla y, en consecuencia, todo el dispositivo de caída.

Con objeto de que el aparato pueda tener un movimiento continuo lleva un pequeño vástago que puede dejarse introducido en el sistema de tenaza, obviando así al operador la incomodidad de tener que estar continuamente oprimiendo el pulsador.

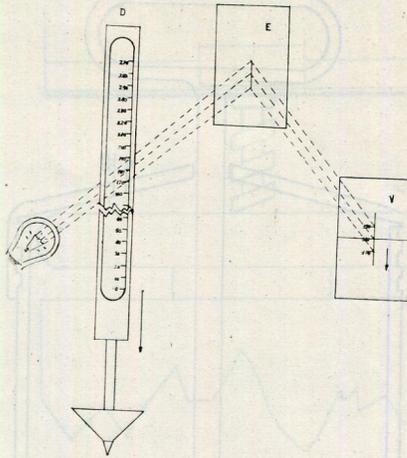
El penetrómetro automático, basado en los mismos principios, se separa un tanto en el sistema de puesta en marcha: Basta oprimir el pulsador para que quede en funcionamiento durante un tiempo regulable entre 3 y 10 segundos (suele regularse a 5 segundos) pasados los cuales se detiene automáticamente gracias a un dispositivo electrónico.

c) *Sistema de registro*: También existen diferencias entre penetrómetro manual y automático en la contabilización de los resultados; el manual posee una aguja solidaria a un vástago de manera que llevado el vástago a contactar con la varilla conductora al cesar el desplazamiento, le transmite un movimiento a la aguja que se refleja en un limbo o panel graduado en décimas de milímetro. El penetrómetro automático refleja una escala graduada impresa en la varilla conductora (D) sobre una ventanita (V) de tal forma que, al pararse el dispositivo de caída, puede hacerse la lectura directamente en ella (fig. 4).

Acoplando un dispositivo adecuado de registro a la varilla conductora pueden obtenerse curvas que sean exponente de la marcha seguida en el curso de la penetración.

#### Técnica.

La técnica de ensayo con el penetrómetro consta de varias fases:



(R-106-67) FIGURA 4

- Preparación de la muestra en el recipiente adecuado.
- Colocación de la muestra en el penetrómetro.
- Disparo y caída del sistema de penetración: Regulación del tiempo.
- Lectura de la penetración.
- Operaciones finales.

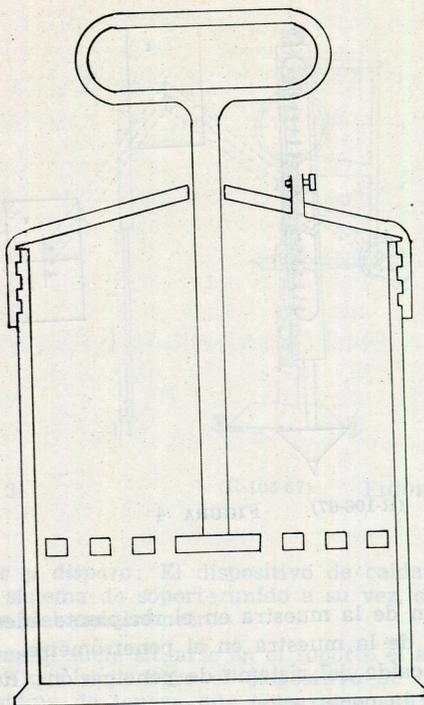
a) *Preparación de la muestra en el recipiente adecuado.*

El aparato se acompaña de uno o varios recipientes metálicos de forma cilíndrica, con un diámetro mínimo de 55 mm y una altura de por lo menos 35 mm. Es lógico que cuanto mayor sea el recipiente tanto menores habrán de ser las posibilidades de influencias debidas al propio recipiente en los resultados penetrométricos.

El o los recipientes se destinan a masas semisólidas y pueden llenarse por simple *fusión* y vertido de la masa objeto de ensayo siempre que lo permita la propia naturaleza de ella (no lo permitiría por ejemplo una emulsión ni una suspensión que se destruirían al fundir). Después del llenado deberá dejarse en reposo un tiempo suficiente para que se alcance la temperatura de ensayo.

Lógicamente es más general, es decir utilizable en todos los casos, el *llenado directo* de la masa sin previa fusión, con ayuda de una espátula o similar. Las firmas suministradoras de penetrómetros aconsejan un batido previo de la masa para ponerla en condiciones comparativas y para ello acompañan el llamado quebrador de la masa que consta de un cuerpo de bomba en el que se introduce la masa objeto de ensayo, y un émbolo perforado que permite el batido manual de aquella y su mezcla íntima y perfecta homogeneización, como paso previo al llenado de los recipientes (fig. 5).

En todos los casos se aconseja dejar en reposo los recipientes ya llenos con la masa a ensayar durante un tiempo siempre igual (puede ser de 1 hora), protegidos del polvo y a temperatura ambiente (18-20°).



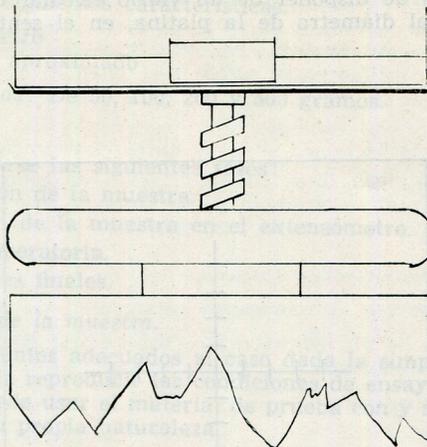
(R-107-67) FIGURA 5

b) *Colocación de la muestra en el penetrómetro.*

La determinación penetrométrica conviene efectuarla a una temperatura fija y constante siendo aconsejada la de 25°. Para ello se dispone el recipiente con la muestra en un baño a dicha temperatura hasta que la alcance y para que no la pierda durante la determinación se coloca en un plato o recipiente cilíndrico de unos 19 cm de diámetro con agua calentada a 25° que sirve de baño regulador durante la determinación. Este conjunto se sitúa sobre la plataforma del penetrómetro que puede levantarse mediante una rueda movida a mano hasta que la superficie de la muestra contacte suavemente con la punta del dispositivo de caída (cono o aguja) sin que llegue a pincharle. Se facilita la observación de la posición correcta mediante iluminación indirecta de la superficie de la muestras que, lógicamente, ha de ser totalmente lisa y plana (fig. 6).

c) *Disparo y caída del sistema de penetración: Regulación del tiempo.*

Basta oprimir el correspondiente pulsador para que el sistema de caída penetre libremente (caída libre) en la masa objeto de ensayo en tanto la consistencia de la misma lo permita. Sin embargo, por operarse a menudo con masas muy viscosas, la caída se efectúe con movimiento retardado y en las fases finales muy lentamente. Por ello se ha convenido en interrumpir la caída del sistema de penetración a los cinco segundos, tiempo que en los penetrómetros manuales debe contar el operador con el correspondiente posible error mientras que en los automáticos se mide electrónicamente como antes se ha indicado.



(R-108-67) FIGURA 6

d) *Lectura de la penetración.*

De ordinario se lee y anota la penetración en el limbo graduado o en la ventanilla iluminada según el sistema de aparato con que se opere. Menos frecuentemente se acude al registro gráfico.

Es lógico que no se dé validez absoluta a una sola determinación por lo que suele aconsejarse repetirlo un mínimo de dos veces más (tres en total), incluso efectuándolo en distintos puntos de la misma superficie de muestra siempre que exista una distancia suficiente entre ellos y con el borde del recipiente para no introducir factores que modifiquen la penetración.

e) *Operaciones finales.*

Terminada la prueba se limpia cuidadosamente el dispositivo de penetración, cono o aguja, con un disolvente adecuado y se frota y seca luego con una tela de algodón suave, limpia y seca.

II. DETERMINACIONES EXTENSOMETRICAS.

*Descripción del aparato (Extensómetro).*

Se hace referencia al aparato y técnica de determinación de extensibilidad de *del Pozo y Suñé* (Vid. parte I de este trabajo). Consta de las siguientes partes:

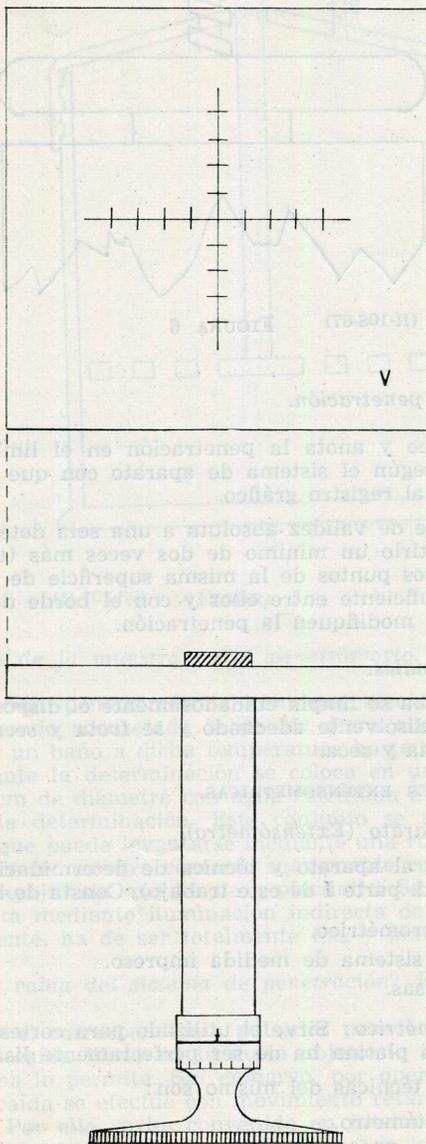
- a) Tornillo micrométrico.
- b) Vidrio, con sistema de medida impreso.
- c) Juego de pesas.

a) *Tornillo micrométrico:* Sirve el utilizado para cortes histológicos a mano de tejidos vegetales. La platina ha de ser perfectamente lisa (fig. 7).

Las características técnicas del mismo son:

Platina: Diámetro...	50 mm
Micrómetro: Diámetro ...	15 mm
Paso de rosca . . . . .	1 mm

b) *Vidrio*: Se ha de disponer de un vidrio circular o, en su defecto, cuadrado, de lado igual al diámetro de la platina, en el sentido de dos diámetros normales.



Debe reunir las siguientes características.

Diámetro ... ..	50 mm
Peso aproximado ... ..	25 g

c) *Juego de pesas*: De 50, 100, 200 y 500 gramos.

*Técnica.*

Pueden considerarse las siguientes fases:

- Preparación de la muestra.
- Colocación de la muestra en el extensómetro.
- Práctica operatoria.
- Operaciones finales.

a) *Preparación de la muestra.*

No existen recipientes adecuados al caso dada la simplicidad del método, no obstante con objeto de reproducir las condiciones de ensayo respecto a la técnica penetrométrica se puede usar el material de prueba con y sin fusión previa, siempre que lo permita su propia naturaleza.

b) *Colocación en el extensómetro.*

Constituye el primer paso en la determinación y se hace siempre con ayuda de espátula. Se llena, pues, con la muestra el hueco cilíndrico (se decía que era de 15 mm de diámetro) que deja el tornillo micrométrico colocado en la posición seis, es decir, seis vueltas enteras del tornillo; se alisa la superficie y se coloca encima un portaobjetos. Se hace girar el tornillo al tiempo que se comprime el portaobjetos para homogeneizar el contenido y hacer desaparecer el aire que pudiera quedar incluido en la masa. Separado el portaobjetos se hace ascender el tornillo hasta completar con lo ascendido antes, tres divisiones o, lo que es igual, tres vueltas del mismo; con ello la pomada es empujada por encima de la superficie de la platina en forma de cilindro. Esta cantidad de pomada se elimina con la espátula de manera que la superficie quede perfectamente alisada. Se hace ascender de nuevo el tornillo hasta la posición cero con lo que la superficie del tornillo y la platina quedan en el mismo plano y sobre ella se encuentra un cilindro de pomada de 3 mm de altura, puesto que cada giro completo del tornillo equivale a 1 mm.

c) *Práctica operatoria.*

Comprende dos fases: control del tiempo después de la adición de cada peso y lectura de las medidas con la consiguiente expresión de resultados.

1.—*Control del tiempo.*

Sobre el cilindro de la pomada se coloca el vidrio cuidando que quede perfectamente centrado, es decir, que el centro geométrico del vidrio coincida en lo posible con el centro de la base superior del cilindro. Se deja durante un minuto en esta posición, pasado el cual se van colocando sobre él, sucesivamente, las pesas en el orden indicado (menor a mayor) de tal manera que cada una ejerza su presión durante un minuto exactamente.

2.—*Lectura de valores y expresión de resultados.*

Por efecto de la presión ejercida por las pesas, la pomada se extiende bajo el vidrio. Practicado varias veces el ensayo se puede tomar la medida de los valores obtenidos midiendo dos diámetros normales de la elipse y se puede calcular el área por la fórmula:

$$S = r \cdot \frac{d}{2} \cdot \frac{d'}{2}$$

Si bien el Índice de extensibilidad representa el valor del área de la elipse con la pesa de 200 gramos (véase parte I), es recomendable hacer una representación gráfica de las áreas obtenidas con dos diámetros normales después de la aplicación de cada una de las pesas con lo que pueden obtenerse gráficas áreas/peso que dan una visión del fenómeno para cada tipo de sustancia empleada.

#### d) Operaciones finales.

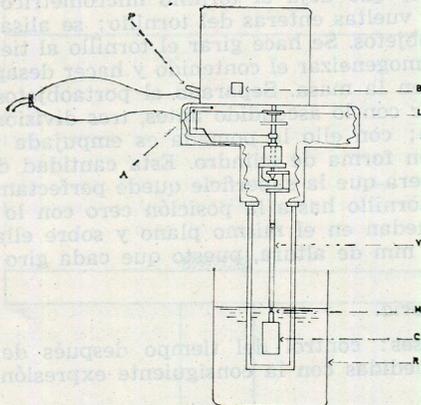
Comprenden la limpieza total, la eliminación de todo residuo que hubiera quedado pegado a la platina y en la parte interna del micrométrico. Se hace como se indicaba en el penetrómetro, con disolvente y tela adecuados.

### III. DETERMINACIONES VISCOSIMÉTRICAS.

#### Descripción del aparato (Viscosímetro rotatorio).

Se hace referencia al viscosímetro Synchro-Lectric BROOK-FIELD modelo LV. Fundamentalmente consta de:

- Elemento giratorio.
- Recipiente.
- Motor impulsor y controles del aparato.
- Puño.



(R-110-67) FIGURA 8

#### a) Elemento giratorio.

Lo esencial de un viscosímetro rotatorio es el elemento inmerso el cual puede girar en el interior de la sustancia. La resistencia al giro de este elemento es lo que mide el aparato. El modelo que se describe posee cuatro elementos giratorios distintos lo que permite establecer comparaciones en las medidas viscosimétricas. Dichos elementos constan de dos partes: una que es un vástago (V) que debe fijarse mediante tuercas a la caja principal del aparato por un extremo mientras que por el otro termina en lo que suele ser un cilindro (C) de distintas dimensiones según el modelo. El vástago tiene una muesca (M) que sirve para enrasar con la superficie de la sustancia, en otras palabras, para que se sumerja en la sustancia objeto de ensayo aquel elemento hasta la muesca.

El elemento inmerso a través de un complejo mecanismo transmite una torsión a un alambre de cobre y berilio sobre el que recae la regulación de las medidas al permitir que una aguja marque sobre un cuadrante graduado.

b) *Recipiente.*

Normalmente puede utilizarse cualquier vaso de precipitados siempre que sea el mismo. La finalidad del recipiente es la de contener la sustancia a ensayar.

La firma BROOKFIELD aconseja la utilización de un vaso Griffin de dimensiones dadas: 600 c.c. de capacidad y 3 1/4 pulgadas (8,255 centímetros) de diámetro interno.

c) *Motor impulsor y controles del aparato.*

El motor va alojado en la caja del viscosímetro y permite el movimiento del elemento inmerso por intermedio del equipo transmisor.

En lo referente a controles pueden hacerse tres apartados:

- 1.—Puesta en marcha.
- 2.—Selector de velocidades.
- 3.—Sistema de lectura.

1. *Puesta en marcha:* Se consigue mediante el interruptor general que lleva el aparato sobre su caja de mecanismos, en su parte izquierda.

2. *Selector de velocidades:* En la parte derecha dispone el aparato de un botón (B), que es un prisma cuadrangular en cada una de cuyas caras lleva dos determinantes de dos velocidades distintas y que por supuesto es difícil equivocar puesto que guarda la relación de 1:20. En una primera vuelta del botón disponiendo la cara paralelamente al cuadrante y hacia arriba puede obtenerse la primera velocidad y, en una segunda, la otra veinte veces mayor. Con ello se logran en el modelo que describimos ocho velocidades que pueden ser de gran utilidad a la hora de determinar flujos tixotrópicos.

3. *Sistema de lectura:* Consta de un cuadrante graduado (L) en 100 divisiones y de una aguja móvil (A). Cuando interesa hacer la lectura se eleva el cuadrante mediante una palanca (P) situada en la parte posterior con lo que se fija la aguja medidora.

d) *Puño.*

Por el interior del puño que viene unido al aparato es por donde entra la energía eléctrica al motor. Es del mismo material que el aparato y aloja en el interior un alma metálica, de forma que desprovisto el viscosímetro del puño queda el alma "al aire" y puede unirse a un soporte.

*Técnica.*

Se siguen los siguientes estadios:

- a) Preparación de la muestra y regulación de la temperatura.
- b) Adaptación del elemento de giro al aparato.
- c) Nivelación del viscosímetro.
- d) Puesta en marcha y lectura.
- e) Otras operaciones.

a) *Preparación de la muestra y regulación de la temperatura.*

Preparada la sustancia a ensayar como se indica en la técnica penetrométrica se introduce en el recipiente. Es de sumo interés regular la temperatura durante la experiencia; se ha dicho que la relación existente entre viscosidad y tempe-

ratura es exponencial, es decir, que variaciones muy pequeñas de temperatura pueden provocar elevaciones enormes de viscosidad. Por tanto, debe anotarse la temperatura de ensayo para cada determinación, así como regular o hacer que permanezca constante durante la experiencia.

b) *Adaptación del elemento de giro al aparato.*

Se adapta procurando que quede perfectamente acoplado y se debe procurar que quede equidistante de las paredes del recipiente. Por otra parte debe quedar perfectamente vertical en el seno de la sustancia puesto que de introducirse inclinado, al girar, puede ser causa de deterioros o roturas. Además la sustancia quedará a nivel de la muesca impresa en el elemento giratorio.

c) *Nivelación del viscosímetro.*

Tiene el aparato un nivel de burbuja que permite su perfecta nivelación. Con ello se logra que las oscilaciones de la aguja sean menores y pueda estabilizarse perfectamente bien cuando se pulse la palanca elevadora del cuadrante. Con objeto de facilitar esta labor ofrece la firma BROOKFIELD unos soportes que lo permiten mediante movimientos de unos tornillos que lleva en su base y sobre los que se asienta todo el sistema.

d) *Puesta en marcha y lectura.*

Para iniciar estas operaciones se oprime la palanca elevadora y simultáneamente el interruptor general con lo que se inicia el movimiento del elemento inmerso evitando oscilaciones de la aguja y el efecto de choque por una salida brusca. Cuando se observa una estabilización de la aguja se eleva suavemente la palanca con lo que se fija la aguja de nuevo en el cuadrante pudiéndose hacer la lectura sobre la marcha o bien parando el aparato.

e) *Otras operaciones.*

Las lecturas que se han realizado en el cuadrante vienen dadas en revoluciones por minuto. Para pasarlas a centipoises hay que consultar unas tablas que se acompañan; para cada modelo, tipo del elemento inmerso y velocidad de giro se da un factor de corrección por él hay que multiplicar las lecturas (r.p.m.) para obtener directamente el resultado en centipoises.

Finalmente, debe hacerse la operación de limpieza antes de guardar el aparato como se indicaba en las otras técnicas a fin de evitar la oxidación de la parte inmersa.

Granada, Octubre 1967.