

No.	Designación	Temperatura (°C)	Viscosidad (Poise)	Temperatura (°C)	Viscosidad (Poise)	Temperatura (°C)	Viscosidad (Poise)
15	Alumino silicato / otros	112	1000	45 x 10 ⁻¹	5.23	1.23	15.1 x 10 ⁹
11	electrificas pelaz	422	210	35 x 10 ⁻¹	5.13	1.42	9.8 x 10 ⁹
10	Borosilicato-benzilicas	250	850	35 x 10 ⁻¹	5.53	1.44	9.8 x 10 ⁹
9	silicato	240	122	42 x 10 ⁻¹	5.32	1.42	1.2 x 10 ⁹
8	vidrio blanco	322	280	21 x 10 ⁻¹	4.58	1.23	2.0 x 10 ⁹
7	vidrio de plomo	322	232	21 x 10 ⁻¹	5.82	1.23	2.0 x 10 ⁹
6	vidrios (zoda-lime)	410	210	25 x 10 ⁻¹	5.14	1.21	2.8 x 10 ⁹
5	vidrio de plomo	202	130	82 x 10 ⁻¹	5.42	1.25	10 x 10 ⁹
4	vidrio (zoda-lime)	210	132	81 x 10 ⁻¹	5.42	1.21	10 x 10 ⁹
3	vidrio blanco (zoda-lime)	202	130	82 x 10 ⁻¹	5.42	1.21	10 x 10 ⁹
2	vidrio de plomo	850	1200	8 x 10 ⁻¹	5.18	1.42	2.1 x 10 ⁹
1	vidrio de plomo	1010	1221	2.2 x 10 ⁻¹	5.50	1.42	10 x 10 ⁹

(bata composición ver tabla a) propiedades de vidrios comerciales (a).

CAPITULO II. REOLOGIA DEL VIDRIO

La reología es, por definición, la ciencia que estudia la de formación y el flujo de la materia. Así, el campo de la reología se extiende, desde la mecánica de los fluidos newtonianos por una parte, hasta la elasticidad de Hooke por la otra. La región comprendida entre ambas partes corresponde a la deformación y flujo de los materiales viscoelásticos.

El comportamiento reológico del vidrio, en estado estable e inestable recibe mucha atención en círculos académicos y de manufactura, debido a que es una variable muy importante tanto para fijar las condiciones de operación como para diseñar el equipo del proceso de fabricación de artículos de vidrio.

Datos sobre el comportamiento reológico del vidrio en particular sobre viscoelasticidad, son sumamente escasos en la literatura, ello motivó el proyecto de diseño y construcción de un Extensiómetro para vidrio fundido, que nos dé información sobre las características viscoelásticas del material, de tal manera que podamos inferir su modelo de comportamiento.

a) viscosidad

La ley de Newton de viscosidad establece que el esfuerzo cortante (fuerza por unidad de área) es proporcional al gradiente negativo de la velocidad local, ($\frac{dv_x}{dy}$).

$$\tau_{yx} \propto \frac{dv_x}{dy} \quad (1)$$

En las regiones en que η disminuye al aumentar el gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$, el comportamiento se denomina pseudoplástico; el dilatante en la que η aumenta con dicho gradiente. Si η resulta independiente del gradiente de velocidad, el fluido se comporta

La reología es, por definición, la ciencia que estudia la de-
formación y el flujo de la materia. Así, el campo de la reología
se extiende, desde la mecánica de los fluidos newtonianos por u-
na parte, hasta la elasticidad de Hooke por la otra. La reología
comprende entre ambas partes correspondiente a la deformación y
flujo de los materiales viscoelásticos.

El comportamiento reológico del vidrio, en estado estable e
inestable recibe mucha atención en círculos académicos y de manu-
factura, debido a que es una variable muy importante tanto para
fijar las condiciones de operación como para diseñar el equipo
del proceso de fabricación de artículos de vidrio.

Datos sobre el comportamiento reológico del vidrio en parti-
cular sobre viscoelasticidad, son sumamente escasos en la litera-
tura, ello motivó el proyecto de diseño y construcción de un ex-
perimento para vidrio fundido, que nos dé información sobre las
características viscoelásticas del material, de tal manera que po-
damos inferir su modelo de comportamiento.

viscosidad (η)

La ley de Newton de viscosidad establece que el esfuerzo cor-
tante (fuerza por unidad de área) es proporcional al gradiente ne-
gativo de la velocidad local, ($\frac{dv_x}{dy}$).

(1)

$$\tau_{yx} = \eta \dot{\gamma}$$

Donde la constante de proporcionalidad es definida como viscosi-
dad μ , por lo que la Ley de Newton de viscosidad es.

Se han propuesto numerosas ecuaciones empíricas o modelos pa-
ra expresar la relación que existe, en estado estacionario, en-
tre τ_{yx} y $\dot{\gamma}$. Todas las ecuaciones tienen parámetros empíri-
cos, cuyo valor numérico puede determinarse correlacionando los
datos.

$$\tau_{yx} = \mu \frac{dv_x}{dy} = \mu \dot{\gamma} \quad (2)$$

De acuerdo con la Ley de Newton de viscosidad (Ecuación (2))
al representar gráficamente τ_{yx} vs $\dot{\gamma}$ para un fluido determina-
do, debe obtenerse una línea recta que pasa por el origen de coor-
denadas y cuya pendiente es la viscosidad del fluido a una cierta
temperatura y presión (Fig. 6). En efecto la experiencia demues-
tra que para todos los gases y los líquidos homogéneos, τ_{yx} es di-
rectamente proporcional a ($\dot{\gamma}$). Sin embargo, existen algunos -
materiales industrialmente importantes que no se comportan de a-
cuerdo con la Ecuación (2), a ellos se les conoce desde el punto
de vista reológico como fluidos "no newtonianos", Fig.6.

El comportamiento reológico, en estado estacionario de la ma-
yor parte de los fluidos puede representarse mediante una
forma generalizada de la Ecuación (2).

$$\tau_{yx} = \eta \dot{\gamma} \quad (3)$$

en la que η es la "viscosidad aparente" y es constante solo para
un valor de $\dot{\gamma}$, que le corresponde un valor de τ_{yx} .

En las regiones en que η disminuye al aumentar el gradiente
de velocidad $\dot{\gamma}$, el comportamiento se denomina pseudoplástico; el
dilatante en la que η aumenta con dicho gradiente. Si η resul-
ta independiente del gradiente de velocidad, el fluido se comporta

Fig. 6.- Resumen de modelos no-newtonianos en estado estacio-
nario (con fines comparativos se indica también el
modelo newtoniano), (10).

Donde la constante de proporcionalidad es definida como viscosidad μ , por lo que la ley de Newton de viscosidad es:

$$\tau_{yx} = \mu \frac{dv_x}{dy} \quad (2)$$

De acuerdo con la Ley de Newton de viscosidad (Ecuación (2)) al representar gráficamente τ_{yx} vs $\dot{\gamma}$ para un fluido determinado, debe obtenerse una línea recta que pasa por el origen de coordenadas y cuya pendiente es la viscosidad del fluido a una cierta temperatura y presión (Fig. 6). En efecto la experiencia demuestra que para todos los gases y los líquidos homogéneos, τ_{yx} es directamente proporcional a $\dot{\gamma}$. Sin embargo, existen algunos materiales industrialmente importantes que no se comportan de acuerdo con la Ecuación (2), a ellos se les conoce desde el punto de vista reológico como fluidos "no newtonianos", Fig. 6.

El comportamiento reológico, en estado estacionario de la mayor parte de los fluidos puede representarse mediante una forma generalizada de la Ecuación (2).

$$\tau_{yx} = n (\dot{\gamma})^m \quad (3)$$

en la que n es la "viscosidad aparente" y es constante solo para un valor de $\dot{\gamma}$, que le corresponde un valor de τ_{yx} .

En las regiones en que n disminuye al aumentar el gradiente de velocidad $\dot{\gamma}$, el comportamiento se denomina pseudoplástico; el dilatante en la que n aumenta con dicho gradiente. Si n resulta independiente del gradiente de velocidad, el fluido se comporta

como newtoniano, y entonces $\eta = \mu$.

Se han propuesto numerosas ecuaciones empíricas o modelos para expresar la relación que existe, en estado estacionario, entre τ_{yx} y $\dot{\gamma}$ (10). Todas las ecuaciones tienen parámetros empíricos, cuyo valor numérico puede determinarse correlacionando los datos experimentales de τ_{yx} frente a $\dot{\gamma}$ a temperatura y presión constante, ver apéndice C.

Por otro lado, la Ley de Hooke establece que la deformación de un cuerpo es proporcional al esfuerzo aplicado, donde la constante de proporcionalidad es el módulo de elasticidad de young.

$$\sigma = E \epsilon \quad (4)$$

La deformación ϵ está definida como $\frac{dL}{L}$.

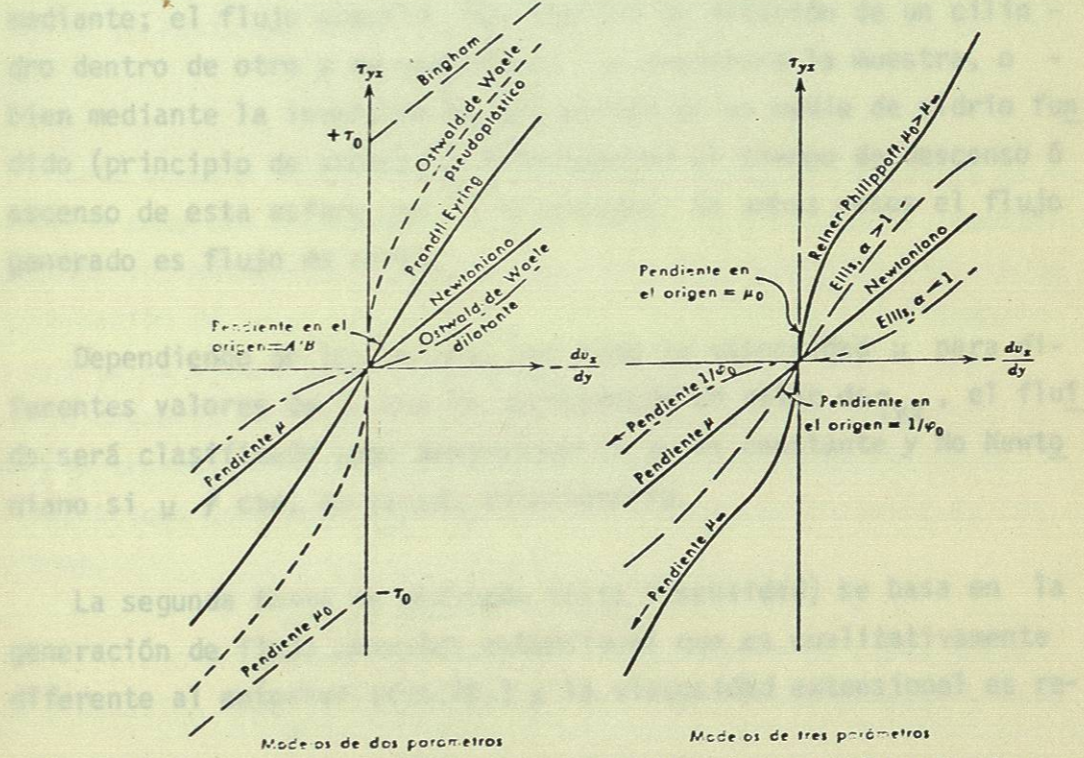


Fig. 6.- Resumen de modelos no-newtonianos en estado estacionario (con fines comparativos se indica también el modelo newtoniano), (10).