

0.0316 y la temperatura que le corresponde determina el Strain Point.

La determinación de estos puntos estándares tiene algunos problemas, primero, la fibra experimenta un gradiente de temperatura, haciéndose necesario la determinación de una "longitud efectiva". Segundo, deben hacerse correcciones por expansión térmica del horno y de la muestra.

En estos casos lo que se estima es una temperatura que corresponde a cierta "capacidad de flujo" del vidrio, lo cual tiene significado práctico para determinar ciertas condiciones de operación en el proceso del vidrio. Sin embargo esta temperatura es solo una medida indirecta de la viscosidad la cual carece de sentido cuando se quiere aplicar a través de algún modelo reológico en las ecuaciones de movimiento.

En estas pruebas se tienen las siguientes implicaciones (14).

1.- Al estirarse un cilindro de vidrio, por su propio peso o bien por la aplicación de una carga constante, el esfuerzo (F/A) no permanece constante dado que no existe compensación al cambio de área.

2.- En ambos casos el tensor de deformación se expresa como una velocidad de elongación y no como un gradiente de velocidad.

3.- No existe ninguna fundamentación para esperar un gradiente de velocidad constante, dado que el esfuerzo aplicado no es constante, lo que impide el empleo de la ecuación (8) y por ende la relación de la ecuación (8).

ATERIAL
VEVO

de la ecuación (8) implícita en la ecuación (8) corresponde al factor 1/3 solo es válida para flujos laminar y si bien los gradientes de velocidad son bajos lo cual implica que en estas condiciones casi cualquier material es newtoniano, todavía estaría por demostrarse, en el vidrio para esfuerzos menores de 1kg/cm^2 .

Por lo anterior, no existe una fundamentación sólida para validar las mediciones de la viscosidad del vidrio en este rango de temperatura usando los métodos anteriormente descritos y así poder ser usadas en las ecuaciones de movimiento.

c) viscoelasticidad

Un fluido ideal definido por ecuación (5) establece una respuesta instantánea del esfuerzo al someter el material a un gradiente de velocidad, Por otra parte un sólido ideal se comporta de acuerdo con la Ley de Hooke. Ecuación (4).

Los materiales que tienen un comportamiento intermedio entre sólido ideal y líquido se denomina viscoelásticos.

Elementos Básicos en la Modelación del Comportamiento Viscoelástico

Antes de intentar un modelo para explicar el comportamiento viscoelástico de un material, debemos examinar la respuesta en deformación ϵ de los sistemas ideales a un esfuerzo σ .

Un elemento elástico ideal está representado por un resorte que obedece a la Ley de Hooke. La deformación elástica es instantánea e independiente del tiempo. Fig. 12a. Una respuesta completamente viscosa es la de un fluido newtoniano, cuya deformación es li

tura que le corresponde determina el Strain Point. En estos casos lo que se estima es una temperatura que corres- ponde a cierta "capacidad de flujo" del vidrio, lo cual tiene signifi- ficado práctico para determinar ciertas condiciones de operación en el proceso del vidrio. Sin embargo esta temperatura es solo una me- dida indirecta de la viscosidad la cual carece de sentido cuando se quiere aplicar a través de algún modelo reológico en las ecuaciones de movimiento.

En estas pruebas se tienen las siguientes implicaciones (14).

1.- Al estirarse un cilindro de vidrio, por su propio peso o bien por la aplicación de una carga constante, el esfuerzo (F/A) no permanece constante dado que no existe compensación al cambio de área.

2.- En ambos casos el tensor de deformación es expresado como una velocidad de elongación y no como un gradiente de velo- cidad.

3.- No existe ninguna fundamentación para esperar un gradiente de velocidad constante, dado que el esfuerzo aplicado no es constante, lo que impide el empleo de la ecuación (8) y por ende la relación de la ecuación (8).

4.- La relación de la ecuación (8) implícita en la ecuación (10) que corresponde al factor 1/3 solo es válida para flui- dos newtonianos y si bien los gradientes de velocidad son - bajos lo cual implica que en estas condiciones casi cuales- quier material es newtoniano, todavía estaría por demostrar se, en el vidrio para esfuerzos menores de 1kg/cm^2 .

Por lo anterior, no existe una fundamentación sólida para - validar las mediciones de la viscosidad del vidrio en este rango - de temperatura usando los métodos anteriormente descritos y así po- der ser usadas en las ecuaciones de movimiento.

c) viscoelasticidad

Un fluido ideal definido por ecuación (5) establece una res- puesta instantánea del esfuerzo al someter el material a un gradien- te de velocidad, Por otra parte un sólido ideal se comporta de acuer- do con la Ley de Hooke. Ecuación (4).

Los materiales que tienen un comportamiento intermedio entre sólido ideal y líquido se denomina viscoelásticos. Elementos Básicos en la Modelación del Comportamiento Viscoelástico

Antes de intentar un modelo para explicar el comportamiento viscoelástico de un material, debemos examinar la respuesta en de- formación ϵ de los sistemas ideales a un esfuerzo σ .

Un elemento elástico ideal está representado por un resorte que obedece a la Ley de Hooke. La deformación elástica es instantá- nea e independiente del tiempo. Fig. 12a. Una respuesta completa - mente viscosa es la de un fluido newtoniano, cuya deformación es li

4.- La relación de la ecuación (8) implícita en la ecuación (10) que corresponde al factor λ solo es válida para fluidos newtonianos y si bien los gradientes de velocidad son bajos lo cual implica que en estas condiciones casi cualquier material es newtoniano, todavía está por demostrar que en el vidrio para esfuerzos menores de 1 kg/cm^2 .

Por lo anterior, no existe una fundamentación sólida para validar las mediciones de la viscosidad del vidrio en este rango de temperatura usando los métodos anteriormente descritos y así poder ser usadas en las ecuaciones de movimiento.

(c) viscoelasticidad

Un fluido ideal definido por ecuación (2) establece una respuesta instantánea del esfuerzo al someter el material a un gradiente de velocidad. Por otra parte un sólido ideal se comporta de acuerdo con la Ley de Hooke. Ecuación (4). Los materiales que tienen un comportamiento intermedio entre sólido ideal y fluido se denominan viscoelásticos. Elementos básicos en la Modelación del Comportamiento Viscoelástico

Antes de intentar un modelo para explicar el comportamiento viscoelástico de un material, debemos examinar la respuesta en deformación de los sistemas ideales a un esfuerzo σ .

Un elemento elástico ideal está representado por un resorte que obedece a la Ley de Hooke. La deformación elástica es instantánea e independiente del tiempo. Fig. 12a. Una respuesta completa-mente viscosa es la de un fluido newtoniano, cuya deformación es li-

neal con el tiempo mientras se aplica el esfuerzo y es completamente irre recuperable. La analogía mecánica simple de un fluido newtoniano es un amortiguador, Fig. 12b.

Las pruebas a que regularmente se someten estos materiales son dos, la primera llamada Creep, en la cual se somete al material a un esfuerzo constante $\sigma = \text{cte}$ y el Creep Compliance ($J(t)$) a algún tiempo t es la relación de la deformación a el esfuerzo constante. Cuando la curva Creep Compliance-tiempo para diferentes esfuerzos todas coinciden, el comportamiento es lineal viscoelástico, para muchos materiales el Creep Compliance a algún tiempo t dado, donde $t > 0$ incrementa cuando el esfuerzo se incrementa, tales materiales muestran un comportamiento viscoelástico no lineal, y la interpretación de los datos experimentales es más difícil. Sin embargo, en muchos casos la desviación puede ser pequeña y el material puede ser considerado lineal viscoelástico para un rango de esfuerzos.

La segunda prueba se llama relajación de esfuerzos ($\gamma(t)$) y en ella se mantiene constante la deformación y se registra como decrece el esfuerzo con el tiempo.

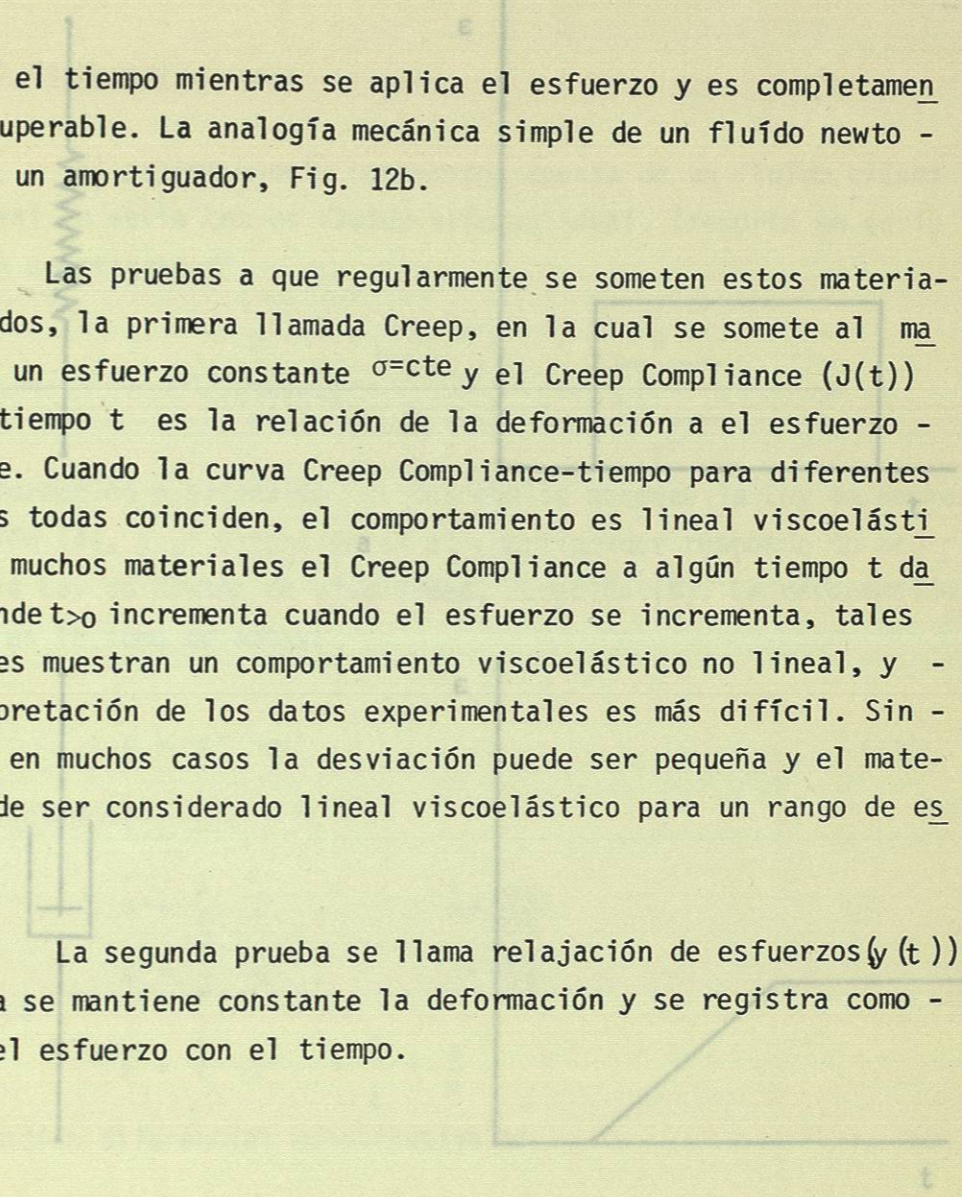


Fig. 12 a) Analogía mecánica resorte y relación deformación-tiempo a tensión constante, con eliminación de dicha tensión a un tiempo t , para un fluido elástico ideal; b) Analogía Mecánica (Amortiguador) y relación deformación-tiempo a tensión constante con eliminación posterior de dicha tensión a un tiempo t , para un fluido viscoso ideal.

neal con el tiempo mientras se aplica el esfuerzo y es completamente irreversitable. La analogía mecánica simple de un fluido newtoniano es un amortiguador, Fig. 12b.

Las pruebas a que regularmente se someten estos materiales son dos. La primera llamada Creep, en la cual se somete al material a un esfuerzo constante $\sigma = \sigma_0$ y el Creep Compliance $J(t)$ a algún tiempo t es la relación de la deformación a el esfuerzo constante. Cuando la curva Creep Compliance-tiempo para diferentes esfuerzos todas coinciden, el comportamiento es lineal viscoelástico. Para muchos materiales el Creep Compliance a algún tiempo t es dado, donde $t > 0$ incrementa cuando el esfuerzo se incrementa, tales materiales muestran un comportamiento viscoelástico no lineal. Y la interpretación de los datos experimentales es más difícil. Sin embargo, en muchos casos la desviación puede ser pequeña y el material puede ser considerado lineal viscoelástico para un rango de esfuerzos.

La segunda prueba se llama relajación de esfuerzos $\psi(t)$ y en ella se mantiene constante la deformación y se registra como decrece el esfuerzo con el tiempo.

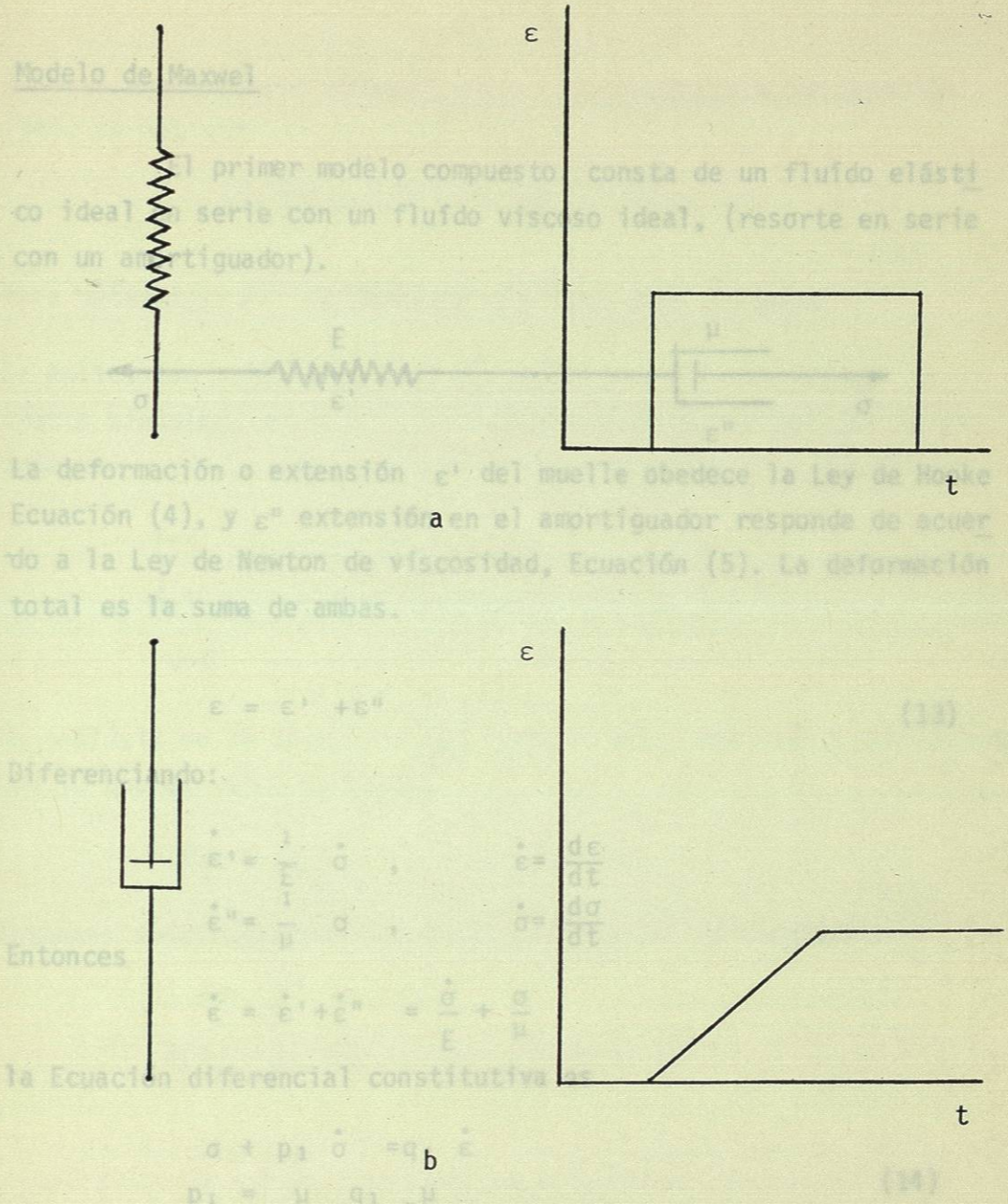


Fig.12 a) Analogía mecánica resorte y relación deformación-tiempo a tensión constante, con eliminación de dicha tensión a un tiempo t , para un fluido elástico ideal; b) Analogía - Mecánica (Amortiguador) y relación deformación-tiempo a tensión constante con eliminación posterior de dicha tensión a un tiempo t , para un fluido viscoso ideal.

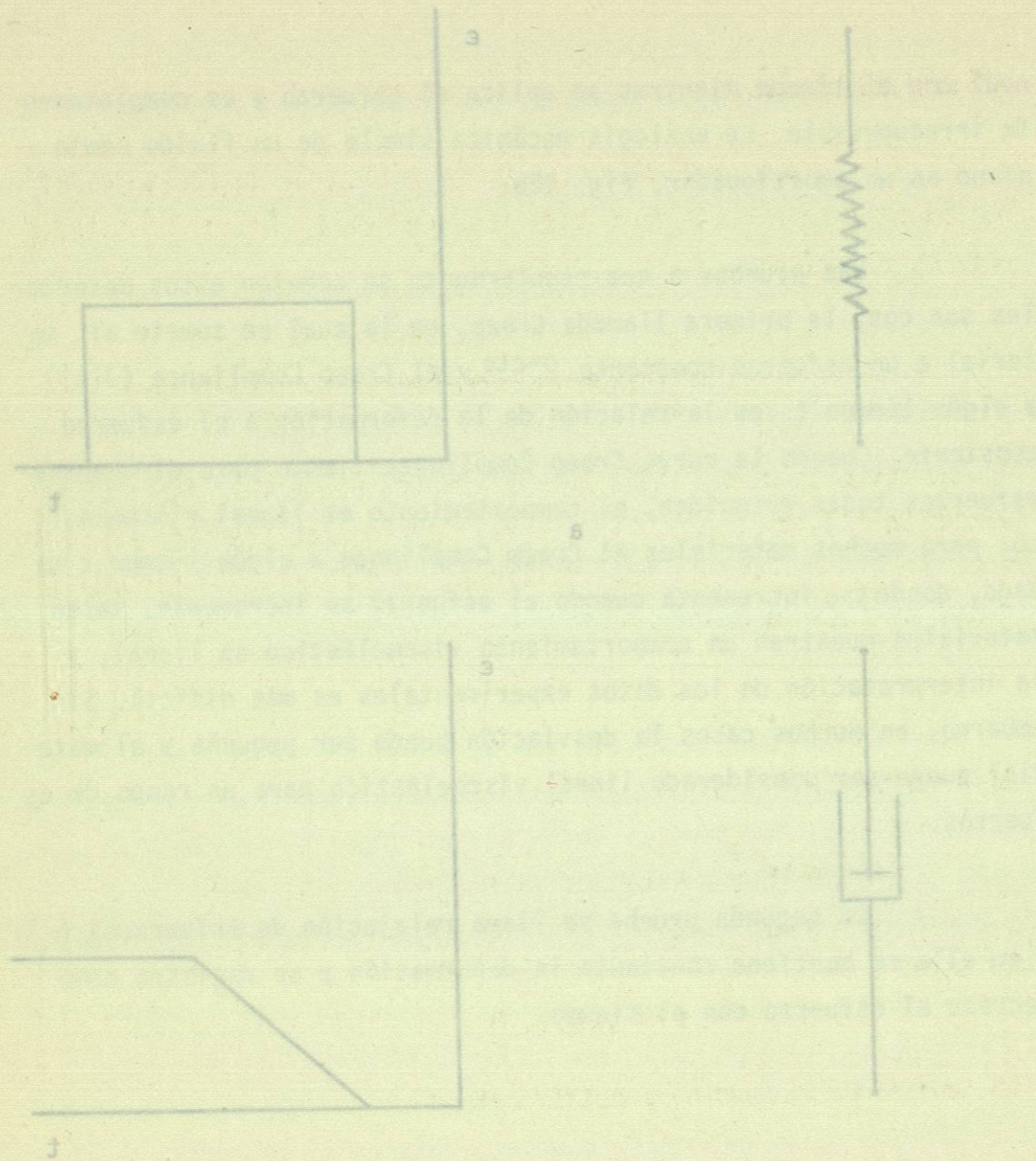
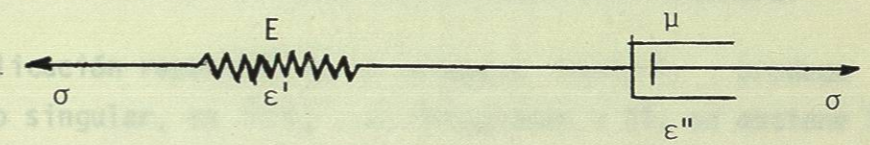


Fig. 12 a) Analogía mecánica resorte y relación deformación-tiempo a tensión constante, con eliminación de dicha tensión a un tiempo t, para un fluido elástico ideal; b) Analogía mecánica (Amortiguador) y relación deformación-tiempo a tensión constante con eliminación posterior de dicha tensión a un tiempo t, para un fluido viscoso ideal.

Modelo de Maxwell

El primer modelo compuesto, consta de un fluido elástico ideal en serie con un fluido viscoso ideal, (resorte en serie con un amortiguador).



La deformación o extensión ϵ' del muelle obedece la Ley de Hooke Ecuación (4), y ϵ'' extensión en el amortiguador responde de acuerdo a la Ley de Newton de viscosidad, Ecuación (5). La deformación total es la suma de ambas.

$$\epsilon = \epsilon' + \epsilon'' \tag{13}$$

Diferenciando:

$$\begin{aligned} \dot{\epsilon}' &= \frac{1}{E} \dot{\sigma} & \dot{\epsilon} &= \frac{d\epsilon}{dt} \\ \dot{\epsilon}'' &= \frac{1}{\mu} \dot{\sigma} & \dot{\sigma} &= \frac{d\sigma}{dt} \end{aligned} \tag{16}$$

Entonces

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}' + \dot{\epsilon}'' = \frac{\dot{\sigma}}{E} + \frac{\dot{\sigma}}{\mu}$$

La Ecuación diferencial constitutiva es

$$\begin{aligned} \sigma + p_1 \dot{\sigma} &= q_1 \dot{\epsilon} \\ p_1 &= \frac{\mu}{E}, \quad q_1 = \mu \end{aligned} \tag{14}$$

Modelo de Maxwell

El primer modelo compuesto, consta de un fluido elástico ideal en serie con un fluido viscoso ideal, (resorte en serie con un amortiguador).



La deformación o extensión \$\epsilon'\$ del muelle obedece la Ley de Hooke Ecuación (4), y \$\epsilon''\$ extensión en el amortiguador responde de acuerdo a la Ley de Newton de viscosidad, Ecuación (5). La deformación total es la suma de ambas.

(13)

$$\epsilon = \epsilon' + \epsilon''$$

Diferenciando:

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}' + \dot{\epsilon}''$$

Entonces

$$\dot{\epsilon} = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{\eta}$$

La Ecuación diferencial constitutiva es

$$\dot{\epsilon} = \frac{\sigma}{E} + \frac{\dot{\sigma}}{\eta}$$

(14)

$$\dot{\epsilon} = \frac{\sigma}{E} + \frac{\dot{\sigma}}{\eta}$$

Primera prueba, fase creep, a \$t=0\$, \$\sigma = \sigma_0\$ e integrando la Ecuación (14), se obtiene y se verá como varía el esfuerzo con el tiempo.

$$\epsilon = \frac{\sigma_0}{q_1} t + C_1, t > 0$$

(15)

Para determinar \$C_1\$ se necesita una condición frontera.

La aplicación repentina de un esfuerzo \$\sigma_0\$ a \$t=0\$ produce un efecto singular, en \$\dot{\sigma}(t)\$, si integramos a 14, se obtiene lo siguiente.

Integrando:

$$\int_{-\tau}^{+\tau} \sigma dt + p_1 [\sigma(+\tau) - \sigma(-\tau)] = q_1 [\epsilon(+\tau) - \epsilon(-\tau)]$$

(18)

\$\tau \rightarrow 0\$

$$p_1 \sigma_0 = q_1 \epsilon_0$$

Un análisis en la Ecuación (15), para \$t=0^+\$, nos indica que \$C_1 = \epsilon_0\$ por lo que el valor de \$C_1\$ es.

La respuesta de ambas pruebas se muestra en la Fig. 13

$$C_1 = \frac{\sigma_0 p_1}{q_1}$$

(16)

Entonces sustituyendo \$C_1\$ en Ecuación (15), da lo siguiente.

$$\epsilon = \frac{\sigma_0}{q_1} (p_1 + t)$$

$$J(t) = \frac{p_1 + t}{q_1} = E + \frac{t}{\mu}$$

102111687