

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES****TEMPERATURA AMBIENTE: TRACCIÓN, DUREZA, ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD**

1.- Una probeta de Cu de sección rectangular de 15.2 mm x 19.1 mm es estirada a tracción con una fuerza de 44500 N. Calcular la deformación resultante si ésta es exclusivamente elástica.  $E = 110000 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_y = 69 \text{ Mpa}$ .

2.- Una probeta cilíndrica de una aleación de Ni con un módulo de elasticidad de  $20.7 \cdot 10^4 \text{ MPa}$  y un diámetro original de 10.2 mm experimenta únicamente deformación elástica cuando se aplica una tensión de 8900 N. Calcular la máxima longitud de la probeta antes de la deformación si el máximo alargamiento permitido es de 0.25 mm.

3.- Una barra de Al de 127 mm de longitud con una sección cuadrada de 16.5 mm de lado es estirada a tracción con una carga de  $6.67 \cdot 10^4 \text{ N}$  y experimenta un alargamiento de 0.43 mm. Suponiendo que la deformación es completamente elástica, determinar el módulo de elasticidad del Al.

4.- Una barra cilíndrica de acero ( $E = 20.7 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ ) con un límite elástico de 310 MPa va a ser sometida a una carga de 11000 N. Si la longitud de la barra es de 510 mm, ¿cual debe ser el diámetro para permitir un alargamiento de 0.38 mm?

5.- Una probeta cilíndrica de acero tiene un diámetro de 15.2 mm y una longitud de 250 mm y se deforma elásticamente a tracción con una fuerza de 48900 N. Sabiendo que el módulo de Young es de  $20.7 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ , el módulo de cizalladura vale  $8.3 \cdot 10^4 \text{ MPa}$  y el coeficiente de Poisson es de 0.27, determinar:

- Lo que se alargará en la dirección de la carga aplicada.
- El cambio de diámetro de la probeta.

6.- Consideramos una probeta de determinada aleación con un diámetro de 10.0 mm. Una fuerza de tracción de 1500 N produce una reducción elástica del diámetro de  $6.7 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$ . Calcular el módulo de elasticidad de esta aleación, sabiendo que el módulo de Poisson es 0.35.

7.- Una probeta cilíndrica de un metal tiene un diámetro de 12.7 mm y 254 mm de longitud es sometida a un esfuerzo de tracción de 28 MPa y a este nivel de tensión la deformación es elástica.

- Si el alargamiento tiene que ser menor de 0.080 mm, ¿qué metales de la tabla son los mejores candidatos?
- Si además la máxima disminución en diámetro que se puede permitir es  $1.2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ , ¿qué metales de la tabla pueden utilizarse?

| MATERIAL | E ( MPa x 10 <sup>4</sup> ) | G ( MPa x 10 <sup>4</sup> ) | Coef. POISSON |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
|----------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

|           |      |      |      |
|-----------|------|------|------|
| Aluminio  | 6.9  | 2.6  | 0.33 |
| Latón     | 10.1 | 3.7  | 0.35 |
| Cobre     | 11.0 | 4.6  | 0.35 |
| Magnesio  | 4.5  | 1.7  | 0.29 |
| Níquel    | 20.7 | 7.6  | 0.31 |
| Acero     | 20.7 | 8.3  | 0.27 |
| Titanio   | 10.7 | 4.5  | 0.36 |
| Wolframio | 40.7 | 16.0 | 0.28 |

8.- Una probeta de Mg con una sección rectangular de dimensiones 3.2 mm x 19.1 mm es deformada a tracción. Usando los datos de carga-alargamiento de la tabla, resolver las cuestiones planteadas a continuación:

| CARGA (N) | LONGITUD (mm) | CARGA (N) | LONGITUD (mm) |
|-----------|---------------|-----------|---------------|
| 0         | 63.50         | 9870      | 64.14         |
| 1380      | 63.53         | 12850     | 65.41         |
| 2780      | 63.58         | 14100     | 66.68         |
| 5630      | 63.63         | 14340     | 67.95         |
| 7430      | 63.70         | 13830     | 69.22         |
| 8140      | 63.75         | 12500     | 70.49         |

- Representar los datos en términos de tensión nominal frente a deformación nominal.
- Determinar el módulo de elasticidad.
- Determinar el límite elástico para una deformación de 0.002.
- Determinar la resistencia a tracción de la aleación.
- Calcular la ductilidad en términos de % de alargamiento relativo.
- Determinar la tensión de trabajo para este material.

9.- Para un latón, las tensiones nominales producen, antes de la estricción, las deformaciones plásticas nominales que se indican:

| TENSION NOMINAL (MPa) | DEFORMACION NOMINAL |
|-----------------------|---------------------|
| 315                   | 0.105               |
| 340                   | 0.220               |

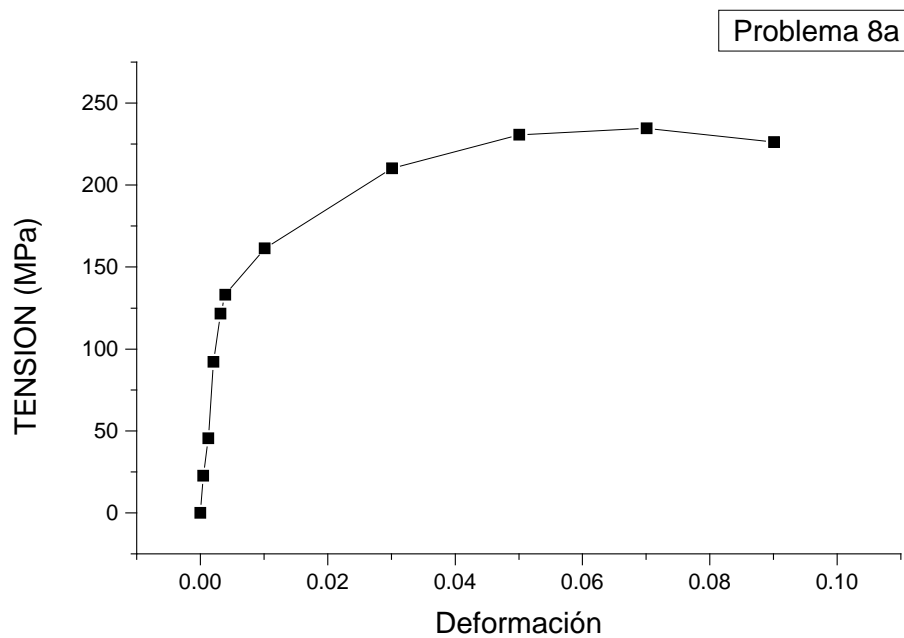
Basándose en esta información, calcule la tensión nominal necesaria para producir una deformación nominal de 0.28.

10.- Una torre muy grande tiene que ser soportada por una serie de cables de acero. Se estima que la carga sobre cada cable será 13300 N. Determinar el diámetro mínimo requerido suponiendo un factor de seguridad de 2 y un límite elástico de 860 MPa para el acero.

SOLUCIONES:

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

- 1.- La deformación no es ELASTICA porque la tensión de trabajo es superior al límite elástico.
- 2.-  $L_0 = 475.3 \text{ mm}$ .
- 3.-  $E = 72.3 \text{ GPa}$ .
- 4.-  $d_0 = 9.53 \text{ mm}$ .
- 5.- a)  $\Delta L = 0.325 \text{ mm}$   
b)  $\Delta \phi = 5.3 \text{ }\mu\text{m}$ .
- 6.-  $E = 10.05 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ .
- 7.- a)  $W < \text{Ni} = \text{Acero} < \text{Cu} < \text{Ti} < \text{Latón}$   
b)  $W < \text{Acero} < \text{Ni} < \text{Cu}$



- 8.- a)  
b)  $E = 36\,932.8 \text{ MPa}$   
c)  $\sigma_y = 73.86 \text{ MPa}$ .  
d)  $\sigma_R = 234.62 \text{ MPa}$ .  
e)  
f)  $\sigma_W < \sigma_y$
- 9.- Para estos datos no se cumple la Ley de Hooke (fuera del período elástico) no se puede calcular.
- 10.-  $\phi > 6.27 \text{ mm}$ .

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES****COMPORTAMIENTO MECANICO A BAJA TEMPERATURA: IMPACTO, FRACTURA, RESILENCIA**

1.-A continuación se tabulan los datos obtenidos a partir de ensayos de impacto Charpy en un acero aleado 4340:

| Temperatura(°C) | Energía de Impacto (J) |
|-----------------|------------------------|
| 0               | 105                    |
| -25             | 104                    |
| -50             | 103                    |
| -75             | 97                     |
| -100            | 63                     |
| -113            | 40                     |
| -125            | 34                     |
| -150            | 28                     |
| -175            | 25                     |
| -200            | 24                     |

a) Represente los resultados en términos de energía absorbida en el impacto frente a la temperatura.

b) Determinar la temperatura de transición dúctil-frágil definida como aquella temperatura que corresponde al valor medio de las energías máxima y mínima absorbidas en el impacto.

c) Determinar la temperatura de transición dúctil-frágil definida como aquella temperatura a la cual la energía absorbida en el impacto es igual a 50J.

2.- Explicar brevemente por qué las aleaciones metálicas BCC y HCP experimentan en general una transición dúctil-frágil al disminuir la temperatura mientras que las aleaciones FCC no experimentan tal transición.

3.- Más abajo se tabulan los datos obtenidos en una serie de ensayos de impacto en aceros de bajo contenido en carbono:

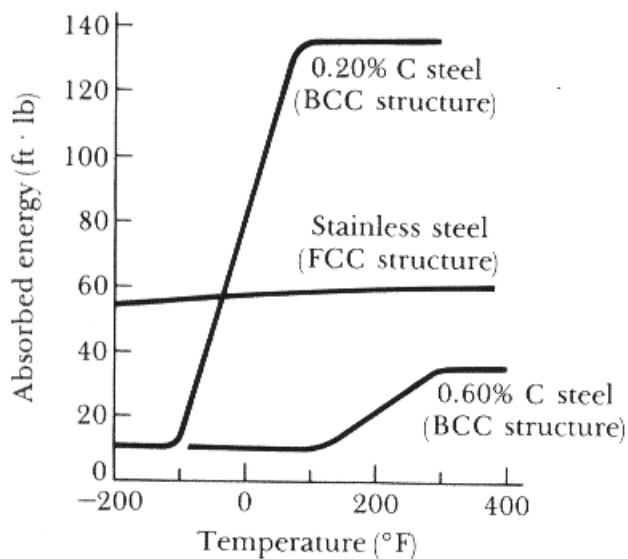
| Temperatura (°C) | Energía de Impacto (J) |
|------------------|------------------------|
| 50               | 76                     |
| 40               | 76                     |
| 30               | 71                     |
| 20               | 58                     |
| 10               | 38                     |
| 0                | 23                     |
| -10              | 14                     |
| -20              | 9                      |

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

|     |     |
|-----|-----|
| -30 | 5   |
| -40 | 1.5 |

- Representar los resultados en términos de energía de impacto frente a la temperatura.
- Determinar gráficamente la temperatura de transición
- Determinar la temperatura mínima a la cual la rotura es 100% dúctil.

4.- Suponiendo que un acero inoxidable debe ser seleccionado para fabricar una válvula de un sistema diseñado para bombear helio líquido a 4 K. Durante la apertura y el cierre de la válvula se observa que ésta sufre un fuerte impacto y teniendo en cuenta los datos reflejados en la gráfica siguiente, ¿qué estructura seleccionaría B.C.C. o F.C.C. y por qué?

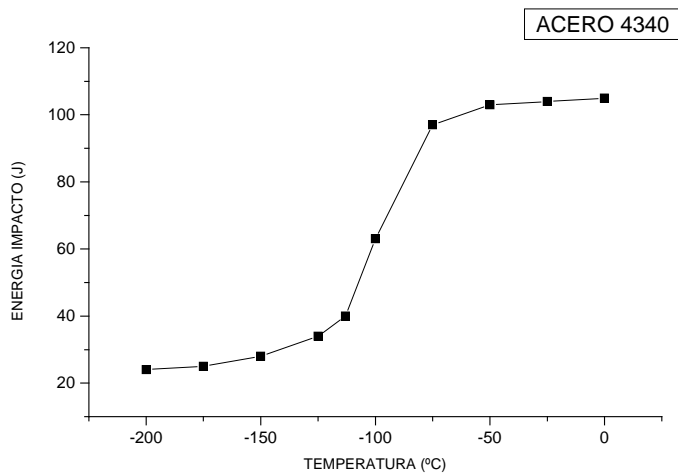


**FIGURE 6-13** The Charpy V-notch properties for two plain-carbon steels (BCC structure) and an FCC stainless steel.

SOLUCIONES:

1.- a)

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**



b) E máx = 105 J ; E mín = 24 J ; E media = 64.5 J >>> Tra. Trans. = - 100°C

c) E impacto = 50 J >>>>>>>>>>>>> Tra. Transición = - 110°C

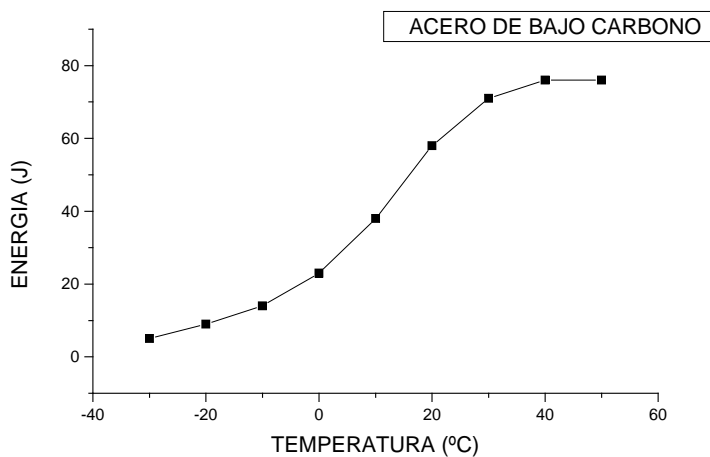
2.- BCC : no tiene planos compactos, si direcciones compactas

HCP : tiene un sólo plano compacto y 3 direcciones compactas

FCC : 4 planos compactos y 3 direcciones compactas >>> siempre tiene sistemas de deslizamiento bien orientados, incluso a baja temperatura, tensión crítica inferior,

Si los sistemas de deslizamiento no estan bien orientados las redes BCC y HCP precisan activación térmica y tensión crítica es elevada.

3.- a)



b) Gráficamente (donde la tangente a la curva cambia de lado) >>> Tra. 10 °C

c) Tra mínima (rotura 100% dúctil) = 40°C

4.- Tra = 4K = - 269 °C = [9/5 (°C) ] + 32 = - 452.2 °F

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

---

**COMPORTAMIENTO MECANICO A TEMPERATURA AMBIENTE BAJO CARGAS CICLICAS: FATIGA**

---

1.- Un ensayo de fatiga simétrica fué realizado a una tensión media de 70 MPa y la amplitud de la tensión fué de 210 MPa.

- a) Calcular los niveles de tensión máxima y mínima.
- b) Calcular el cociente de tensiones.
- c) Calcular la magnitud del intervalo de tensiones.

2.- Una barra cilíndrica de acero 1045 es sometida a un ensayo bajo cargas cíclicas uniaxiales de tracción-compresión a lo largo de su eje. Si la amplitud de la carga es igual a 66700N, calcular el valor mínimo del diámetro par poder asegurar que no se romperá por fatiga.

3.- Una barra cilíndrica de 6.4mm de diámetro fabricada a partir de la aleación de aluminio 2014-T6 es sometida a cargas cíclicas de tracción-compresión a lo largo de su eje. Si las cargas máximas de tracción y compresión son 5340N y -5340N, respectivamente, determinar su vida a fatiga.

4.- Una barra cilíndrica de 15.2mm de diámetro fabricada a partir de la aleación de aluminio 2014-T6 es sometida a cargas cíclicas de tracción-compresión a lo largo de su eje, con una tensión media aplicada de 35 MPa. Calcular las cargas máxima y mínima que deben aplicarse para que su vida a fatiga sea de  $10^8$  ciclos.

5.- Los datos de fatiga para un latón se indican en la siguiente tabla:

| <b>Amplitud de la tensión (MPa)</b> | <b>Ciclos hasta rotura</b> |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 170                                 | $3.7 \cdot 10^4$           |
| 148                                 | $1.0 \cdot 10^5$           |
| 130                                 | $3.0 \cdot 10^5$           |
| 114                                 | $1.0 \cdot 10^6$           |
| 92                                  | $1.0 \cdot 10^7$           |
| 80                                  | $1.0 \cdot 10^8$           |
| 74                                  | $1.0 \cdot 10^9$           |

- a) Dibujar el diagrama S-N utilizando estos datos.
- b) Determinar la resistencia a fatiga para  $4 \cdot 10^6$  ciclos.
- c) Determinar la vida a fatiga para 120 MPa.

6.- Supongamos que los datos de fatiga del latón del problema anterior hubieran sido obtenidos a partir de ensayos de torsión, y que un eje de esta aleación va a ser utilizado como acoplamiento que opera a 1200 rpm. Calcular la amplitud de la tensión torsional máxima para cada uno de los siguientes tiempos de vida a fatiga: **(a)** 1 año; **(b)** 1 mes; **(c)** 1 día; y **(d)** 1 hora.

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

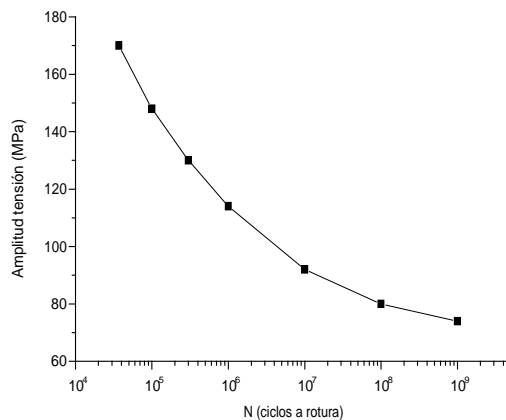
7.- Tres probetas idénticas de fatiga se fabrican a partir de una aleación no férrea. Cada una de ellas es sometida a ciclos de carga con igual frecuencia y aplicando las tensiones máxima y mínima tabuladas a continuación:

| Probeta | $\sigma_{\max}$ (MPa) | $\sigma_{\min}$ (MPa) |
|---------|-----------------------|-----------------------|
| A       | 450                   | -150                  |
| B       | 300                   | -300                  |
| C       | 500                   | -200                  |

- Ordenar de mayor a menor las vidas a fatiga de las tres probetas.
- Justificar este orden con una representación esquemática de la curva S-N.

**SOLUCIONES:**

- 1.- a)  $\sigma_{\max} = 280$  MPa.  $\sigma_{\min} = -140$  MPa. b)  $R = -2$  c)  $\Delta\sigma = 420$  MPa.
- 2.-  $r > 8.16$  mm.
- 3.-  $\sigma_A = 166$  MPa.  $N = 15\,848\,931.92$  ciclos
- 4.-  $\sigma_{\max} = 175$  MPa.  $\sigma_{\min} = -105$  MPa.
- 5.- a)



- 6.- a)  $\sigma_A = 76$  MPa. b)  $\sigma_A = 83$  MPa. c)  $\sigma_A = 105$  MPa. d)  $\sigma_A = 120$  MPa.
- 7.-  $\sigma_A$  menor  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow A = B > C$   
 $\sigma_M$  menor  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow B > A = C$



**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES****COMPORTAMIENTO MECANICO A ALTA TEMPERATURA : FLUENCIA**

1. Indicar las temperaturas a las cuales la deformación por fluencia en caliente debe considerarse en el caso de los siguientes metales : Niquel, Cobre, Hierro, Wolframio, Plomo, Aluminio.
2. Sobre una misma gráfica deformación - tiempo, dibujar esquemáticamente las curvas de fluencia para una tensión constante y para carga constante explicando cuales son las diferencias encontradas.
3. Los siguientes resultados fueron obtenidos en una aleación de Al a 480°C y a una tensión constante de 2.75 MPa . Representar gráficamente los resultados en términos de deformación frente al tiempo y determinar la velocidad de fluencia estacionaria. ( Las deformaciones inicial e instantánea no están incluidas. )

| Tiempo (min) | Deformación | Tiempo (min) | Deformación |
|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 0            | 0.00        | 18           | 0.82        |
| 2            | 0.22        | 20           | 0.88        |
| 4            | 0.34        | 22           | 0.95        |
| 6            | 0.41        | 24           | 1.03        |
| 8            | 0.48        | 26           | 1.12        |
| 10           | 0.55        | 28           | 1.22        |
| 12           | 0.62        | 30           | 1.36        |
| 14           | 0.68        | 32           | 1.53        |
| 16           | 0.75        | 34           | 1.77        |

4. Una probeta de 1015 mm de longitud de una aleación de Niquel con bajo contenido en carbono es sometida a una tracción de 70 MPa a 427°C. Determinar su alargamiento después de 10 000 h. Supongamos que la suma del alargamiento instantáneo y de la fluencia primaria es 1.3 mm.
5. Para una probeta cilíndrica de Niquel con bajo contenido en carbono originalmente de diámetro igual a 19.05 mm y de 635 mm de longitud, ¿ qué carga de tracción es necesaria para producir un alargamiento total de 6.4 mm después de 5 000 h. a 538°C? Suponer que la suma de la deformación instantánea y el alargamiento durante la etapa de fluencia primaria es 1.8 mm.
6. Si un componente elaborado con una aleación de Ni con bajo contenido en C es sometido a una tensión de 31 MPa a 649°C, estimar el tiempo a rotura.
7. Un componente cilíndrico elaborado con una aleación de Ni con bajo contenido en C tiene un diámetro de 19.9 mm. Determinar la carga máxima que puede aplicarse para que sobreviva durante 10 000 h. a 538°C.

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

8. A continuación se dan los resultados de fluencia estacionaria que fueron obtenidos a 200°C para una aleación desconocida :

| $\epsilon$ ( $h^{-1}$ ) | $\sigma$ (MPa) |
|-------------------------|----------------|
| $2.5 \cdot 10^{-3}$     | 55             |
| $2.4 \cdot 10^{-2}$     | 69             |

Si se sabe que la energía de activación para la fluencia es igual a 140 000 J/mol, calcular la velocidad de fluencia estacionaria a una temperatura de 250°C y una tensión de 48 MPa.

9. A continuación se dan los resultados de fluencia estacionaria que fueron obtenidos a una tensión de 140 MPa en una aleación férrea :

| $\epsilon$ ( $h^{-1}$ ) | T (K) |
|-------------------------|-------|
| $6.6 \cdot 10^{-4}$     | 1090  |
| $8.8 \cdot 10^{-2}$     | 1200  |

Si se sabe que el valor del exponente de la tensión n es 8.5 para esta aleación, calcular la velocidad de fluencia estacionaria a 1300 K y a una tensión de 83 MPa.

10. Un componente fabricado con la aleación S-590 de base Hierro, debe tener una vida a fluencia de por lo menos 20 días a 650°C. Calcular la tensión máxima que se puede permitir.

11. Consideremos un componente de S-590 que es sometido a una tensión de 55 MPa. ¿A qué temperatura el tiempo a la rotura será de 200 h.?

12. Una pieza de S-590 debe tener un tiempo a rotura de por lo menos 5 años a 500°C. Calcular la tensión máxima que se puede permitir.

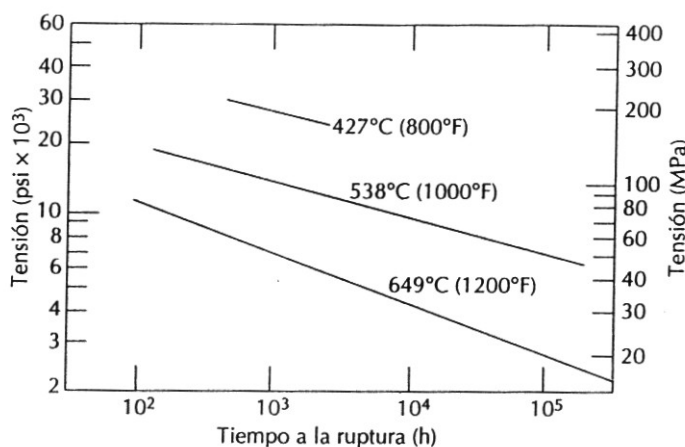


Figura.1- Representación logarítmica de la tensión frente al logaritmo del tiempo de rotura para una aleación de Ni con bajo contenido de C a tres temperaturas (Metals Handbook : Properties and Selection : Stainless Steels, Tools Materials and Special-Purpose Metals, Vol. 3, D. Benjamin Senior De., ASM 1908)

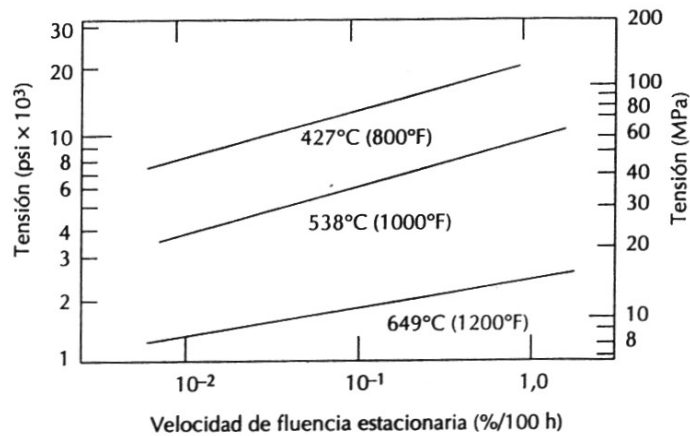
**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

Figura.2- Representación logarítmica de la tensión frente al logaritmo de la velocidad de fluencia estacionaria para una aleación de Ni con bajo contenido de C a tres temperaturas (Metals Handbook : Properties and Selection : Stainless Steels, Tools Materials and Special-Purpose Metals, Vol. 3, D. Benjamin Senior De., ASM 1908)

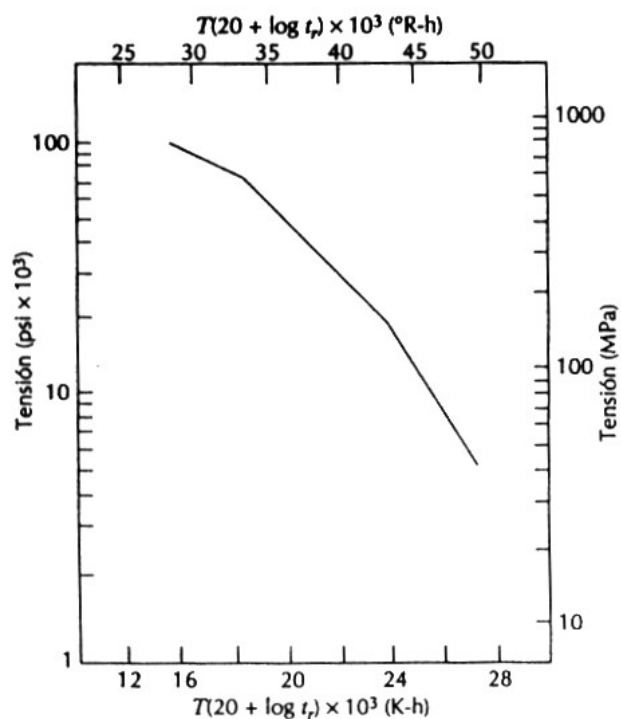


Figura.3- Representación logarítmica de la tensión frente al parámetro de Larson-Miller para la aleación S-590 de base Hierro (Metals Handbook : Properties and Selection : Stainless Steels, Tools Materials and Special-Purpose Metals, Vol. 3, D. Benjamin Senior De., ASM 1908)

SOLUCIONES:

1.-

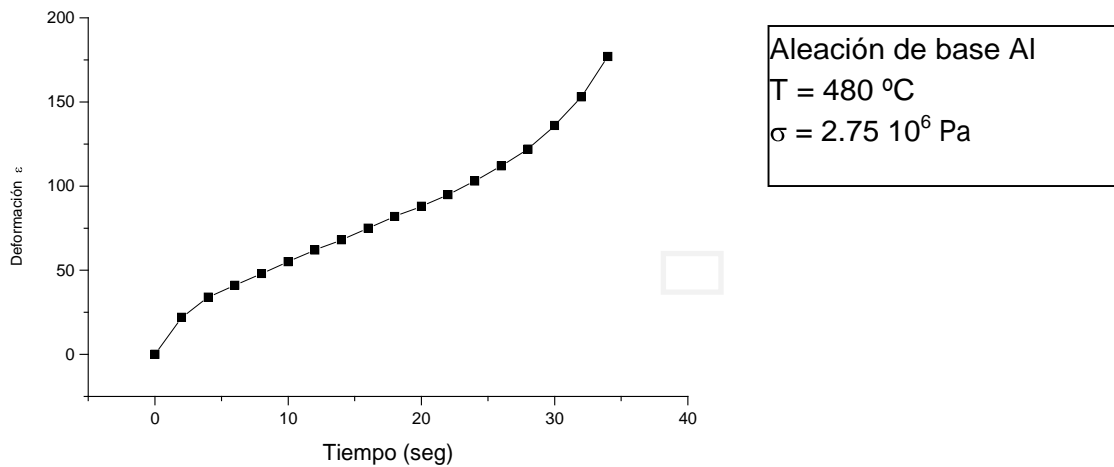
**COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MATERIALES**

| Metal | T <sub>f</sub> (°C) | T <sub>f</sub> (K) | T <sub>r</sub> (K) | T <sub>r</sub> (°C) |
|-------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Al    | 660.4               | 933.4              | 373.4              | 100.4               |
| Cu    | 1084                | 1357               | 542.8              | 269.8               |
| Fe    | 1538                | 1811               | 724.4              | 451.4               |
| Ni    | 1453                | 1726               | 690.4              | 417.4               |
| Pb    | 327                 | 600                | 240                | -33                 |
| W     | 3410                | 3683               | 1473.2             | 1200.2              |

- 2.- CARGA  $\Rightarrow F = \text{cte} \Rightarrow F / S_0 = \text{cte}$  Tensión nominal cte  
 TENSION  $\Rightarrow \sigma = F / S = \text{cte}$  Tensión real cte

Las gráficas de tensión real constante dan información acerca de los mecanismos de la fluencia en caliente y no tienen una forma bien diferenciada de la anterior.

3.-



$$V \text{ deformación mínima} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / (t_2 - t_1) = (0.88 - 0.55) / (20 - 10) = 0.033 / \text{min} = 3.3 \% / \text{min}$$

4.- (figura 2)  $\Delta L_{\text{total}} = 76.54 \text{ mm}$

5.- (figura 2)  $\sigma = 25.81 \text{ MPa.}$

6.- (figura 1)  $t_{\text{rotura}} = 16 \text{ 102.6 h.}$

7.- (figura 1)  $F_{\text{max}} = 20 \text{ 755.6 N.}$

8.-

9.-

10.- (figura 3)  $\sigma = 200 \text{ MPa.}$

11.- (figura 3)  $T = 1188 \text{ K}$

12.- (figura 3)  $\sigma = 500 \text{ MPa.}$