



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SAN ANDRÉS TUXTLA**

ING. ELECTROMECAÁNICA



DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

HECTOR MIGUEL AMADOR CHAGALA

RESUMEN

TEORÍAS DE FALLAS POR FATIGA

CARLA VIVIANA

CONTRERAS MARTINEZ

231U0099

GRUPO:502A

01/09/2025

Teorías de Fallas por Fatiga

1.1 Generalidades de las teorías de falla

¿Por qué fallan las piezas? Es una pregunta que durante siglos ha mantenido ocupados a científicos y a ingenieros. Hoy en día, se comprende mucho más sobre los diversos mecanismos de falla de lo que se había hasta hace unas cuantas décadas, principalmente gracias a mejores técnicas experimentales y de medición.

En general, los materiales dúctiles sometidos a cargas de tensión estática están limitados por su resistencias al cortante. En tanto que los materiales frágiles están limitados por sus resistencias a tensión (aunque hay excepciones a esta regla cuando materiales dúctiles se comportan como si fueran frágiles).

Diversas teorías han sido propuestas en el intento de explicar el proceso de fractura. Las descritas a continuación son bien conocidas y dependiendo de condiciones generales, son usualmente utilizadas en el desarrollo del criterio de fallas para la propagación de grietas. Estas teorías son aplicadas distintamente a fallas de frágiles sin Flujo plástico o con Flujo plástico definiendo el valor del esfuerzo local para empezar el mecanismo de inestabilidad.

Las teorías aplicadas a cargas estáticas y/o dinámicas son las siguientes:

1.- Materiales dúctiles

- Teoría del esfuerzo cortante máximo o criterio de Tresca o teoría de esfuerzo cortante Octaédrico.
- Teoría de la energía de distorsión o criterio de Von Mises.

2.- Materiales frágiles

- Teoría de esfuerzo normal máximo
- Teoría de Coulomb-Mohr o teoría de fricción interna.
- Teoría de modificada de Mohr.

1.2 Estudio de las fallas por fatiga

En su mayoría, las fallas en máquinas se deben a cargas que varían con el tiempo y no a cargas estáticas. Estas fallas suelen ocurrir a niveles de esfuerzo muy por debajo del límite elástico de los materiales. Por lo tanto, de manejar sólo las teorías de falla estática, puede llevar a diseños poco seguros cuando las cargas sean dinámicas.

1.2.1 Historia más significativo de las fallas por fatiga

Este fenómeno se observó por primera vez en los años 1800, cuando empezaron a fallar ejes de los carros de ferrocarril después de sólo poco tiempo de servicio. Estaban fabricados de acero dúctil, pero mostraban falla súbita de tipo frágil.

En 1843, Rankine publicó un estudio sobre las causas de la ruptura inesperada de los rodamientos de los ejes de ferrocarril. En el cual postuló, que el material se había "cristalizado" y hecho frágil debido a los esfuerzos fluctuantes. Los ejes se habían diseñado según todos los conocimientos de ingeniería disponibles a la fecha, conocimientos que se basaban en experiencia adquirida con estructuras cargadas estáticamente.

Un ingeniero alemán, August Wöhler, realizó la primera investigación científica en lo que se conocía como fallas por fatiga. Probó los ejes hasta la falla, en el laboratorio, bajo cargas totalmente alternantes. Públíco sus resultados en 1867, que identifican como "culpable" al número de ciclos de esfuerzo en concordancia con su variación en tiempo, y encontró la existencia de un límite de resistencia a la fatiga para los aceros. Es decir, un nivel de esfuerzos que puede ser tolerable para millones de ciclos de esfuerzos totalmente alternantes.

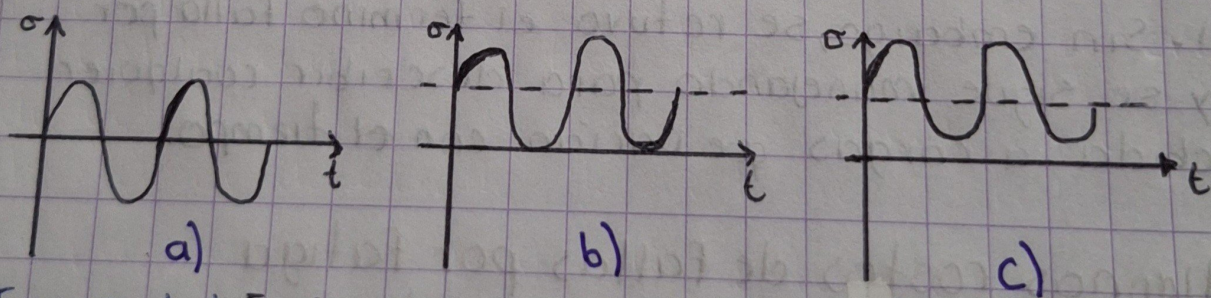


Figura 1.1 Esfuerzos variables con el tiempo
a) Totalmente alternante b) Repetido c) Fluctuante

En el diagrama S-N o de Wöhler, que se muestra en la Fig 1.2, se convirtió en la forma estándar de caracterizar el comportamiento de los materiales bajo cargas completamente alternantes, y sigue en uso

Aunque ahora también están disponibles otras medidas de resistencias de los materiales bajo cargas dinámicas.

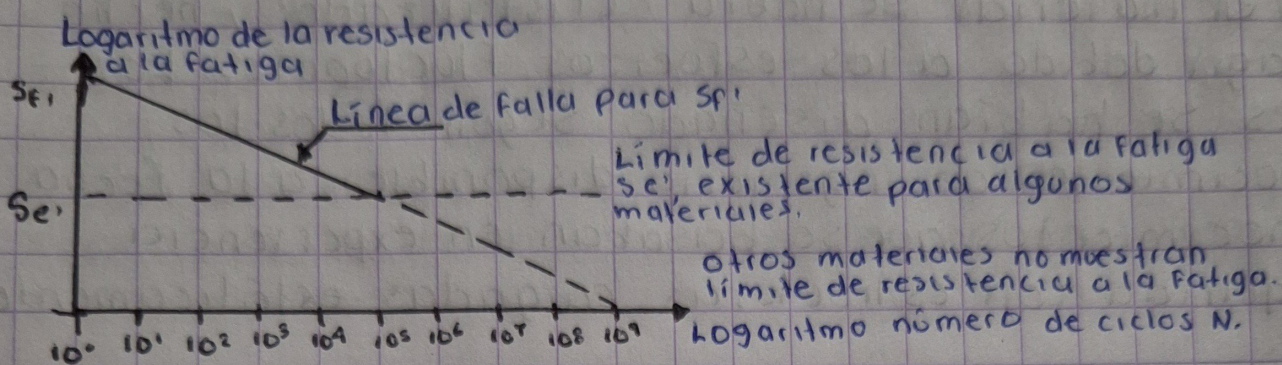


Figura 1. 2 Diagrama S-N o de vida-resistencia de Wöhler.

El término "fatiga" fue aplicado por primera vez a esta situación por Poncelet en 1839. Todavía no se entendía el mecanismo de las fallas y la apariencia frágil de la superficie de falla en un material dúctil hizo que se especulara que de alguna manera el material se había "cansado" y hecho frágil, debido a la oscilación de las cargas. Wöhler demostró después que las mitades rotas de los ejes seguían siendo tan resistentes y dúctiles a los ensayos a tensión como el material original. Sin embargo, se retuvo el término falla por fatiga y se sigue manejando para describir cualquier falla debida a cargas que varían con el tiempo.

1.2.2 Algunos costos de fallas por fatiga
Las fallas por fatiga, especialmente en las estructurales, resultan catastróficas e insidiosas y, ocurren repentinamente, a menudo sin advertencia. Por esta razón los ingenieros deben tener en cuenta el efecto de la fatiga en sus diseños.

Carla Viviana Contreras Martínez 502A

Diseño de elementos de máquinas

01 09 2025

La falla por fatiga es causa de un costo importante en la economía. Dowling propone, con base en datos del informe del gobierno de Estados Unidos por Reed fatiga de los materiales, en dólares de 1982, es de alrededor de 100 000 millones, correspondiendo a aproximadamente el 3% del Producto Nacional Bruto (PNB). Estos costos provienen de la ocurrencia o prevención de fallas por fatiga en vehículos terrestre, vehículos sobre rieles, aeronaves de todo tipo, puente, grúas, equipos de plantas generadores de energía, estructuras de pozos petroleros submarinos y una amplia variedad de maquinaria y equipo vario, como artefacto doméstico, juguetes y equipo deportivo.

El costo también puede implicar vidas humanas. La primera aeronave a reacción comercial para pasajeros, el Comet británico, sufrió dos accidentes graves en 1954, debido a fallas por fatiga causadas por los ciclos de presurización y despresurización de la cabina. Más recientemente, en 1988, un Boeing 737 en Hawaiian Airlines perdió un tercio de la parte superior de su cabina en pleno vuelo, a 25,000 pies de altitud. Aterrizó con pérdidas mínimas de vidas. Las cargas fluctuantes inducen esfuerzos de fluctuación (cíclicos), que con frecuencia resultan en la falla por daño acumulativo.

1.2.3 Algunos Sucesos y logros Fundamentales en la investigación de las fallas por fatiga.

En los últimos 150 años se han trabajado mucho a fin de determinar el mecanismo real de la falla por fatiga. Las demandas impuestas desde la segunda guerra mundial sobre los materiales, en aplicaciones para naves aéreas y aeroespaciales han motivado crecientes desembolsos en la investigación científica de este tema y ahora está razonablemente bien comprendido, aunque los investigadores siguen buscando respuestas a preguntas sobre el mecanismo de fatiga.

1.3 Mecanismos de fallas por fatiga

Las fallas por fatiga siempre empiezan en una grieta. La grieta pudiera haber estado presente en el material desde su manufactura o haberse presentado a lo largo del tiempo, por causa de las deformaciones cíclicas cerca de las concentraciones de esfuerzos. La falla por fatiga ocurre en esfuerzos relativamente bajos de un componente o en una estructura sometidos a esfuerzos fluctuantes o cíclicos.

Se ha demostrado que casi todos los miembros estructurales contienen discontinuidades, desde microscópicos hasta macroscópicos, introducidos en el proceso de manufactura o de fabricación. Las grietas por fatiga por lo general comienzan en la superficie y se propagan por el volumen de un componente, a menos que existan grandes defectos bajo

la superficie o concentradores de esfuerzo en el sustrato.

Resulta vital que piezas dinámicamente cargadas sean diseñadas para minimizar concentraciones de esfuerzos, que son los típicos aceleradores del mecanismo de falla por fatiga.

1.3.1 Etapas de fallas por fatiga

Las grietas por fatiga empiezan en sitios simultáneamente y se propagan cuando un defecto domina y crece más rápidamente que los otros. Hay tres etapas de falla por fatiga, la nucleación de la grieta, la propagación de la grieta y la fractura súbita causada por el crecimiento inestable de la grieta. La primera etapa puede ser de corta duración, la segunda etapa implica la mayor parte de la vida de la pieza y la tercera etapa es instantánea.

1.3.1.1 Etapa de nucleación de las grietas

La vida total de un componente o estructura representa el tiempo que le toma a una grieta para comenzar, más el tiempo que necesita para propagarse por la sección transversal. Entonces la vida de diseño se maximiza en las formas siguientes.

a) Fenómeno de nucleación

Un metal dúctil que al ser fabricado, no tenía grietas, pero tiene la colección normal de partículas, inclusiones, etc, comunes en materiales

de ingeniería. La fluencia plástica local causa distorsión, creando bandas de deslizamiento (regiones de deformaciones intensas producidas por movimientos cortantes) a lo largo de los bordes cristalizados del material. Conforme los esfuerzos se alternan, aparecen más bandas de deslizamientos, las que forman grietas microscópicas.

6) Influencia de grietas en materiales de ingeniería

Los materiales menos dúctiles no tienen la misma capacidad de fluencia plástica que los dúctiles y tenderán a generar con mayor rapidez. El debilitamiento de la estructura por el fenómeno de iniciación de grietas; son más sensibles a las muescas. Los materiales frágiles (especialmente los fundidos) que no tienen fluencia pueden pasar por alto esta etapa inicial y llegar directamente a la propagación de grietas, en sitios de los huecos o inclusiones existentes, que sirven como micro-grietas.

1.3.1.2 Etapa de propagación de las grietas

Las grietas por fatiga se propagan más rápido a lo largo de los límites de las fronteras reticulares que a través de los granos (porque la disposición de los granos tiene un empaque atómico mucho más eficiente).

a) Fenómeno de propagación

Una vez establecida la microgrieta (o si está presente desde el inicio), se hacen operables los mecanismos de la mecánica de fracturas. La grieta aguda crea concentraciones de esfuerzos superiores a los de la muesca original, lo que provoca una zona plástica en el extremo de la grieta cada vez que el original, lo que provoca una zona plástica en el extremo y reduce la concentración efectiva de esfuerzos.

b) Influencia de propagación de grietas en materiales de ingeniería

Las fallas por fatiga se consideran causadas por esfuerzos a tensión, aun cuando en los materiales dúctiles el esfuerzo cortante inicia el proceso como se descubrió arriba. Los esfuerzos alternantes que sean siempre a compresión no causarán crecimiento de grietas, ya que en este caso aquéllos tienen tendencia a cerrarlas.

c) Influencia de la corrosión en la propagación de grietas

Otro mecanismo de propagación de grietas es la corrosión. Si una pieza que contiene una grieta está en un entorno corrosivo, la grieta crecerá sujeta a esfuerzos estáticos. La combinación de un esfuerzo y de un entorno corrosivo tiene efecto acumulativo aumentado y el material se corroe con mayor rapidez que sino estuviera esforzado.

Carla Viviana Contreras Martínez 502A
Diseño de elementos de máquinas

01 04 2025

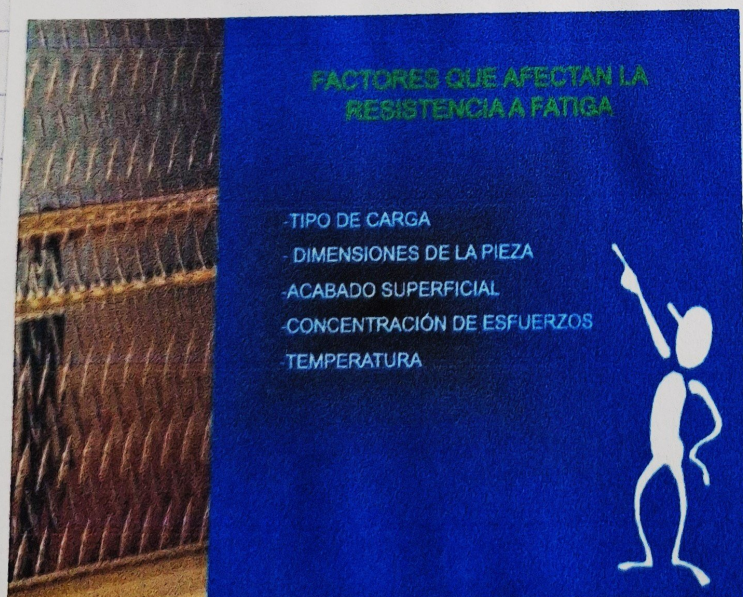


TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

MC. HECTOR MIGUEL AMADOR CHAGALA.



- Factor de tipo de carga k_c
- Factor de tamaño k_b
- factor de superficie k_a
- Factor de reducción de límite de fatiga por concentración de esfuerzos k_f
- Factor de temperatura k_d
- Factor de otras influencias k_e

TIPO DE CARGA C_L

Se refiere al tipo de carga a que está sometida la pieza.

Axial



Genera esfuerzos uniaxiales.

-Rotativa: todas las fibras sometidas a esfuerzos máximos.

Flexión



-Alternativa: sólo dos fibras sometidas a esfuerzos máximos. (Mayor resistencia ya que zonas de la pieza más débiles pueden escapar de los puntos críticos).

En la práctica: misma resistencia para ambos casos.

Torsión



Genera esfuerzos tangenciales.

TIPO DE CARGA C_L

a) Para S_{10}^6 :

- Flexión Rotativa: $C_L = 1$
- Flexión Alternativa: $C_L = 1$
- Carga Axial Alternativa: $C_L = 0.9$
- Torsión Alternativa: $C_L = 0.58$

b) Para S_{10}^3 :

- Flexión Rotativa: $C_L' = 0.9$
- Flexión Alternativa: $C_L' = 0.9$
- Carga Axial Alternativa: $C_L' = 0.75$
- Torsión Alternativa: $C_L' = 0.72$

Carla Viviana Contreras Martínez Soz A

Diseño de elementos de máquinas

01 09 2025

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga.

1. Ecuación de Marin

Marin identificó que se cuantifican los efectos de la condición superficial, tamaño, carga temperatura, que permite ajustar el límite de resistencia a la fatiga por análisis estadístico con la siguiente ecuación:

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e$$

ACABADO SUPERFICIAL C_s

- Rugosidad: —————> introduce concentración de esfuerzos.
- Proceso de generación del acabado: —————, varía las propiedades físicas del material.
- Mecanizado: —————> introduce esfuerzos residuales.

Afecta sobre todo a materiales homogéneos y de grano fino.

El efecto del acabado para 103 ciclos se considera despreciable.

ACABADO SUPERFICIAL C_s

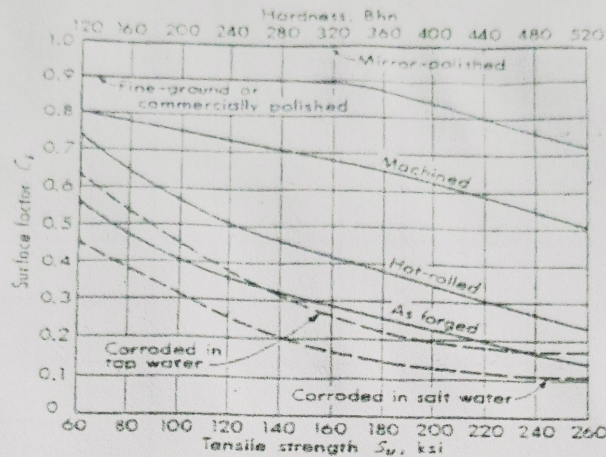


Fig. 12.6 Reduction of endurance strength due to surface finish—steel parts.

1ª. Factor de Superficie K_a

Depende de la calidad del acabado superficial y de la resistencia a la tensión (esmerilado, maquinado, estirado en frío, laminado en caliente, forjado)

K_a Factor de la modificación de la condición superficial

K_b Factor de modificación del tamaño

K_c Factor de modificación de la carga

Carla Viviana Contreras Martinez 502 A

Diseño de elementos de máquinas

01 09 2025

K_d Factor de modificación de la temperatura

K_e Factor de modificación de efectos varios

S'_e Limite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

S_e Limite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso

$$K_a = aS_{ut}^b$$

S_{ut} en MPa Resistencia media

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

$$K_a = aS_{ut}^b LN(1, C)$$

Acabado Superficial	a MPa	b	Coef. De variación C
Esmerilado	1,58	-0,086	0,120
Maquinado o laminado en frio	4,45	-0,265	0,058
Laminado en caliente	56,1	-0,719	0,110
Como sale de forja	271	-0,995	0,145

Carla Viviana Contreras Martínez 502A

Diseño de elementos de máquinas

01 09 2025

Ejemplo de Aplicación.

Un acero tiene una última resistencia media de 520 MPa y una superficie maquinada.

Determine el factor de la modificación de la condición superficial K_a .

De tabla se tiene: $a=4,45$ $b=-0,265$

$$K_a = aS_{ut}^b$$

$$K_a = 4,45 * (520)^{-0,265}$$

$$K_a = 0,848$$

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín

$$K_a = aS_{ut}^b LN(1, C)$$

Acabado Superficial	a MPa	b	Coef. De variación C
Esmerilado	1,58	-0,086	0,120
Maquinado o laminado en frio	4,45	-0,265	0,058
Laminado en caliente	56,1	-0,719	0,110
Como sale de forja	271	-0,995	0,145

Ejemplo de Aplicación.

Un acero tiene una última resistencia media de 520 MPa y una superficie maquinada. Determine el factor de la modificación de la condición superficial K_a .

De tabla se tiene: $a=4,45$ $b=-0,265$

$$K_a = aS_{ut}^b$$

$$K_a = 4,45 * (520)^{-0,265}$$

$$K_a = 0,848$$

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

$$K_a = aS_{ut}^b LN(1, C)$$

Acabado Superficial	a	MPa	b	Coef. De variación	C
Esmerilado	1,58	-0,086	0,120		
Maquinado o laminado en frio	<u>4,45</u>	<u>-0,265</u>	0,058		
Laminado en caliente	56,1	-0,719	0,110		
Como sale de forja	271	-0,995	0,145		

Ejemplo de Aplicación

Un eje de acero sometido a flexión es de diámetro 32 mm, colinda con un hombro biselado de 38 mm de diámetro. El material del eje presenta una resistencia última a la tensión media de 690 MPa. Determine el factor de tamaño K_b si el eje se emplea en:

- a) Modo rotativo
- b) Modo no rotativo

Solución a: Modo Rotativo

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62} \right)^{-0,107} = \left(\frac{32}{7,62} \right)^{-0,107} \quad K_b = 0,858$$

Solución b: Modo no Rotativo

De tabla para Diámetro Equivalente para el factor de tamaño se tiene:

$$d_e = 0,37 * d = 0,37 * 32$$

$$d_e = 11,84 \text{ mm.}$$

Luego:

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62} \right)^{-0,107} \quad K_b = \left(\frac{11,84}{7,62} \right)^{-0,107} = 0,954 \text{ mm.}$$

Ejemplo de Aplicación 2

Un eje de acero Bohler VCL sometido a flexión es de diámetro 30 mm y colinda con un hombro biselado de 35 mm de diámetro. El material del eje presenta una resistencia última a la tensión media de 1000 MPa. Determine el **factor de tamaño K_b** si el eje se emplea en:

- a) Modo rotativo
- b) Modo no rotativo

Solución a: Modo Rotativo

$$K_b = \left[\frac{d}{7,62} \right]^{-0,107} = \left[\frac{30}{7,62} \right]^{-0,107}$$

$$K_b = 0,864$$

Solución b: Modo no Rotativo

De tabla para Diámetro Equivalente para el factor de tamaño se tiene:

$$d_e = 0,37 * d = 0,37 * 30$$

$$d_e = 11,1 \text{ mm.}$$

Luego:

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62} \right)^{-0,107}$$

$$K_b = \left[\frac{11,1}{7,62} \right]^{-0,107}$$

$$K_b = 0,961$$

Kut

Carla Viviana Contreras Martínez SO2A

Diseño de elementos de máquina

01 09 2025

EFFECTO DE LA TEMPERATURA

C_T

La temperatura varía todas las propiedades mecánicas de los materiales. En el caso del acero, se pierde el límite de fatiga.

Este es un factor difícil de precisar, por lo que es preferible realizar pruebas de laboratorios para determinarlo en materiales nuevos.



EFFECTO DE LA TEMPERATURA

C_T

Afecta a S_{10^6} y a S_{10^3} :

$T < 450^\circ \text{C}$ (840°F)

$C_T = 1$

$450^\circ \text{C} < T < 550^\circ \text{C}$

$C_T = 1 - 5.8 \times 10^{-3} (T - 450^\circ \text{C})$

$840^\circ \text{C} < T < 1020^\circ \text{F}$

$C_T = 1 - 302 \times 10^{-3} (T - 840^\circ \text{F})$

3. Factor de Temperatura K_d

La fatiga para los aceros se incrementa un poco a medida que la temperatura aumenta y luego comienza disminuir en el intervalo de 204 a 371 °C .

Si se conoce el límite de la resistencia a la fatiga de una viga rotativa a temperatura ambiente se emplea:

$$K_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

Tabla de efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión de acero.

T	S_T
20	1,000
50	1,010
100	1,020
150	1,025
200	1,020
250	1,000
300	0,975
350	0,943
400	0,900
450	0,843
500	0,768
550	0,672
600	0,549

Ejemplo de Aplicación 1: Un acero SAE1035 tiene una resistencia última a la tensión media de 482 MPa y se empleará en una parte que operará a una temperatura de 225°C. Estime el factor de modificación de la temperatura Marín y $(S'_e)_{225^\circ}$ si:

a) Solo se conoce la resistencia última a la tensión media a temperatura ambiente

Solución:

1. De tabla para temperatura de 225°C se tiene que interpolar entre 200°C y 250°C

2. De tabla para 225°C se tiene:

$$\frac{S_T}{S_{RT}} = \frac{1,020 + 1,000}{2} = 1,01$$

Luego: El factor de temperatura $(S_{ut})_{225^\circ\text{C}}$ será:

$$(S_{ut})_{225^\circ} = \frac{(S_{ut})_{225^\circ}}{(S_{ut})_{21^\circ}} * (S_{ut})_{21^\circ}$$

$$(S_{ut})_{225^\circ\text{C}} = 1,01 * 482 = 486,82 \text{ MPa}$$

Carla Viviana Contreras Martínez SOZA

Diseños de elementos de máquinas

01 09 2025

Luego:

Factor de modificación de la temperatura de Marín es:

$$(S'_e)_{225^\circ} = 0,506 * (S_{ut})_{225^\circ}$$

$$(S'_e)_{225^\circ} = 0,506 * 486,82$$

$$(S'_e)_{225^\circ} = 246,33 \text{ MPa}$$

Ejemplo de Aplicación 2: Un acero ASSAB 7210 M tiene una resistencia última a la tensión media de 835 MPa y se empleará en una parte que operará a una temperatura de 175°C. Estime el factor de modificación de la temperatura Marín y $(S'_e)_{175^\circ}$ si:

a) Solo se conoce la resistencia última a la tensión media a temperatura ambiente

Solución:

1. De tabla para temperatura de 175°C se tiene que interpolar entre 150°C y 200°C

Carla Viviana Contreras Martinez 502 A

2. De tabla para 175°C se tiene:

$$\frac{S_T}{S_{RT}} = \frac{1,025 + 1,020}{2} = 1,0225$$

Luego: El factor de temperatura $(S_{ut})_{175^\circ C}$ será:

$$(S_{ut})_{175^\circ C} = \frac{(S_{ut})_{175^\circ C}}{(S_{ut})_{21^\circ C}} * (S_{ut})_{21^\circ C}$$

$$(S_{ut})_{175^\circ C} = 1,0225 * 835 = 853,7875 \text{ MPa}$$

3. Luego:**Factor de modificación de la temperatura de Marín**

$$(S'_e)_{175^\circ C} = 0,506 * (S_{ut})_{175^\circ C}$$

$$(S'_e)_{175^\circ C} = 0,506 * 853,7875$$

$$(S'_e)_{175^\circ C} = 432,016 \text{ MPa}$$

4. Factor de Efectos diversos K_e

Se tendrá en cuenta como: corrosión, recubrimiento electrolítico, metalizado por aspersión, frecuencia cíclica, corrosión por frotamiento.

El **factor de frotamiento K_e** , depende del material de los pares de acople y varía entre **0,24 a 0,90**

CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

Depende exclusivamente de la geometría del material.

Las fallas por concentración de esfuerzos no son proporcionales a K_T sino a un factor K_f que depende también de la carga q , y se puede calcular tanto experimental como analíticamente, mediante la ecuación:

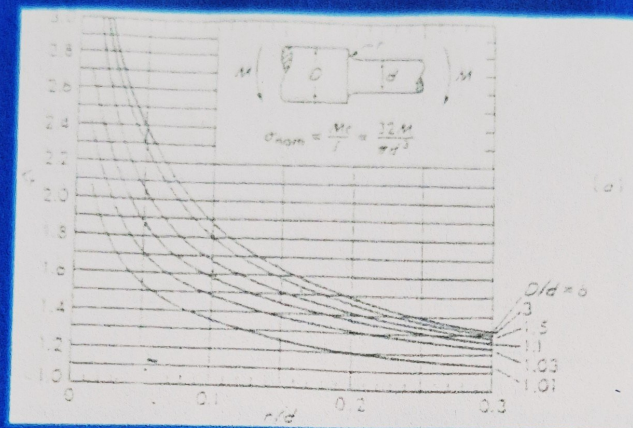
$$K_f = q (K_T - 1) + 1$$



Para uniones entre árboles, cubos, roscas y chaveteros; también se han determinado valores de K_f de manera experimental.

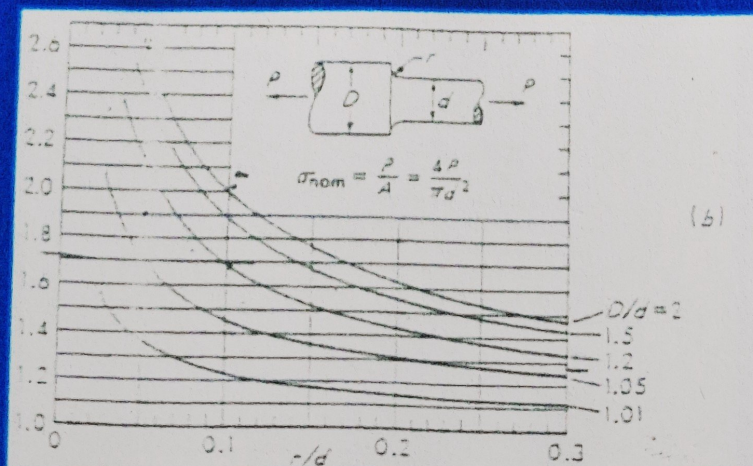
CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

FLEXIÓN:



CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

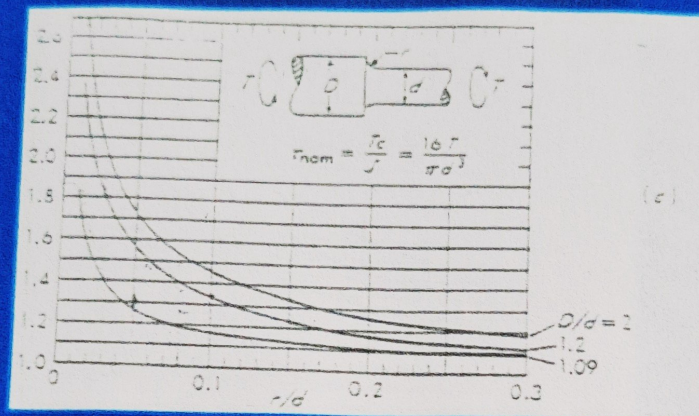
AXIAL:



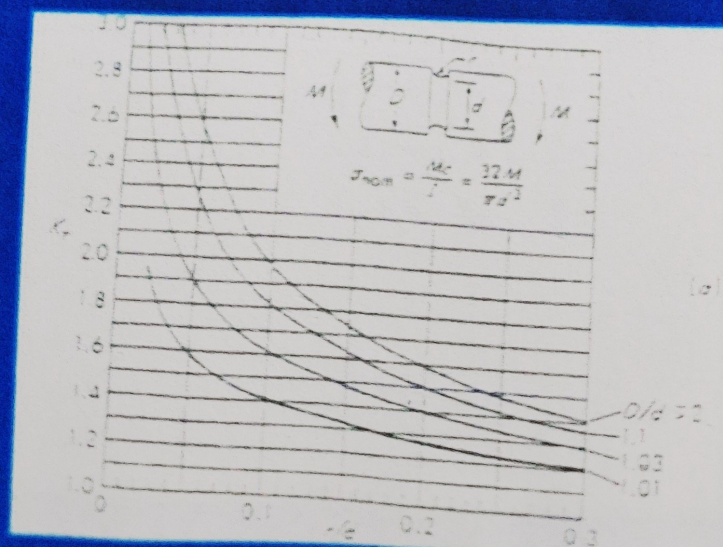
Carla Viviana Contreras Martinez 302 A

CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

TORSIÓN:

CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

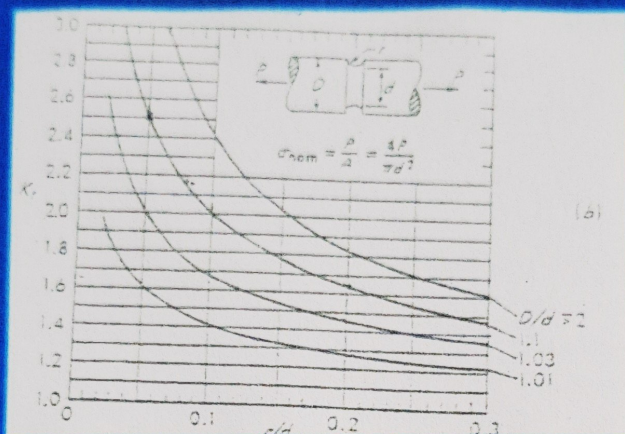
FLEXIÓN:



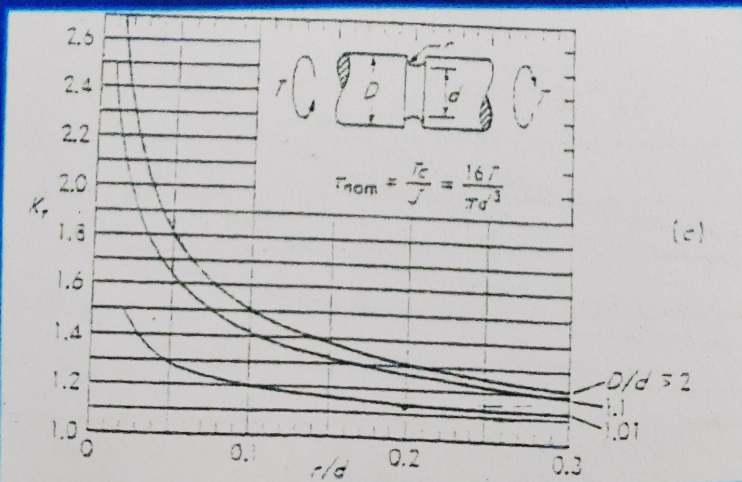
Carla Viviana Contreras Martinez 502 A

CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

AXIAL:

CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

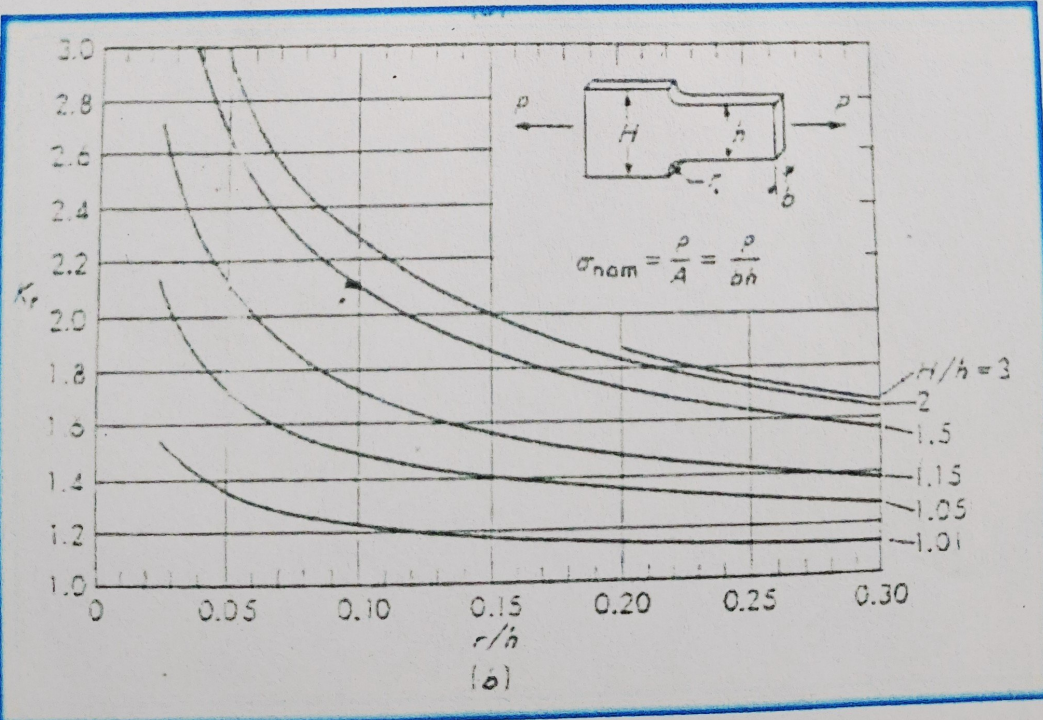
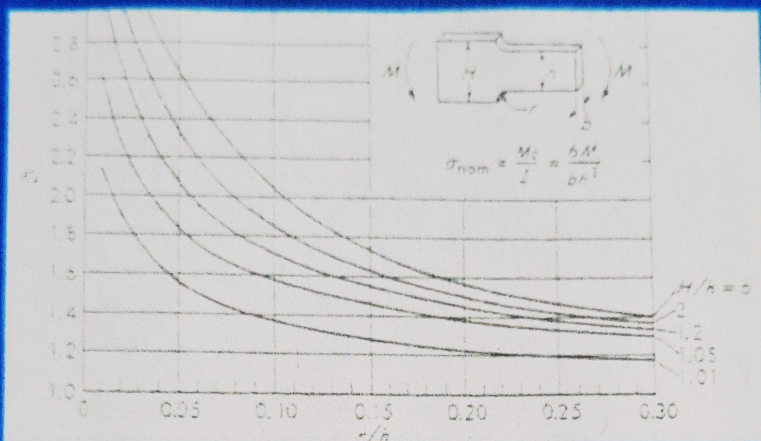
TORSIÓN:



Carla Viviana Contreras Martinez 502A

CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

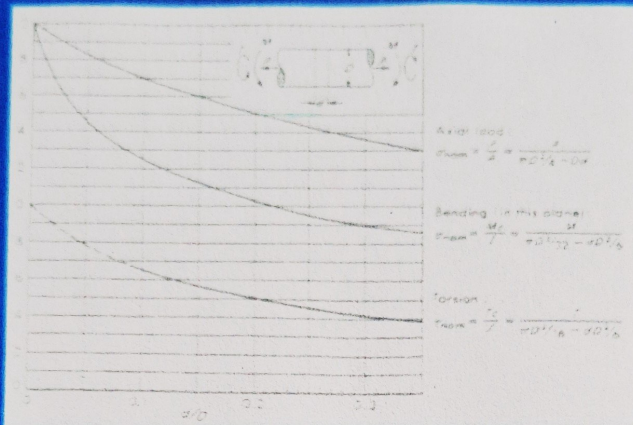
FLEXIÓN:



Carla Viviana Contreras Martinez SO2A

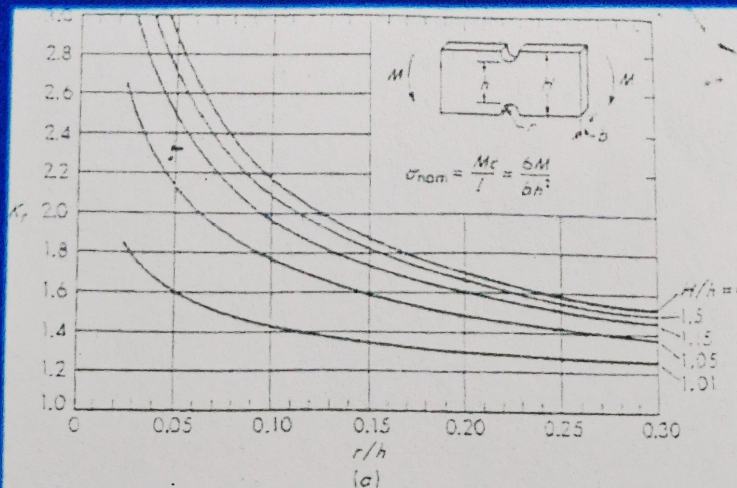
CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

FLEXIÓN, AXIAL Y TORSIÓN:



CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

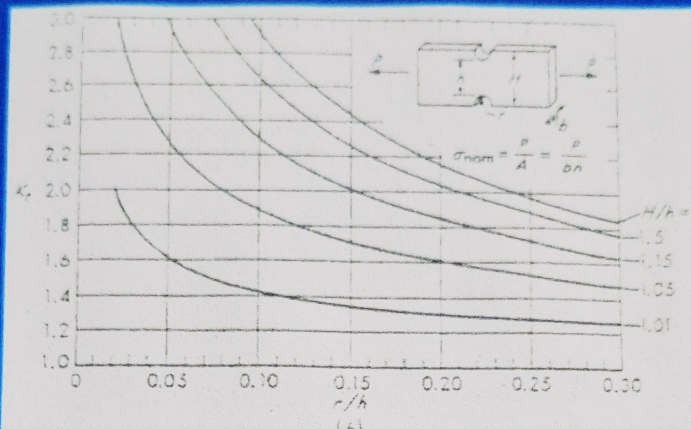
FLEXIÓN:



Carla Viviana Contreras Martinez 502A

CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_T

AXIAL:

**5. Factor de concentración de esfuerzo a la fatiga K_f**

$$K_f = \frac{K_t}{1 + \frac{2(K_t - 1) * \sqrt{a}}{\sqrt{r} * K_t}}$$

Parámetros de Heywood

Característica	\sqrt{a} S_{ut}/MPa	C_{kf}
Agujero transversal	174/ S_{ut}	0,10
Hombro	139/ S_{ut}	0,11
Ranura	104/ S_{ut}	0,15

Carla Viviana Contreras Martinez SO2A

Ejemplo de Aplicación: Un eje de acero tiene una resistencia última a la tensión media de 690 MPa y un hombro con un radio de filete de 3 mm que se conecta un diámetro de 32 mm con uno de 38 mm. **Determine K_t** (Factor relacionado con Von Mises) y **K_f** (Concentración de esfuerzo a la fatiga)

Solución:

1. Del enunciado se tiene: Diámetro de los ejes:
 $D = 38 \text{ mm}$, $d = 32 \text{ mm}$ y Radio de filete $r = 3 \text{ mm}$.

2. Luego: $D/d = 38/32 = 1,1875$,
 $r/d = 3/32 = 0,09375$

El factor de concentración de esfuerzo K_t está relacionado con el esfuerzo von Mises máximo

$$K_t = 0.622 + 0.38 \left(\frac{D}{d} \right)^{-4.3} + \left(\frac{r}{d} \right)^{-0.5} \sqrt{\frac{-0.322 - 0.277(D/d)^2 + 0.599(D/d)^4}{1 - 2.55(D/d)^2 + 5.27(D/d)^4}}$$

D/d	r/d						
	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
1.01	1.681	1.297	1.206	1.166	1.141	1.125	1.113
1.05	2.411	1.592	1.398	1.313	1.261	1.226	1.200
1.10	2.850	1.758	1.499	1.384	1.316	1.269	1.235
1.50	3.773	2.068	1.664	1.485	1.378	1.305	1.252
2.00	3.936	2.115	1.683	1.492	1.378	1.300	1.243
6.00	3.994	2.130	1.688	1.493	1.376	1.296	1.238

*S. M. Tipton, J. R. Soreff y R. D. Ralovic, "Updated Stress-Concentration Factors for Filleted Shafts in Bending and Tension", trad. de ASME Journal of Mechanical Design, vol. 118, núm. 3 (septiembre de 1996), pp. 321-327.

Carla Viviana Contreras Martinez 502A

3. De tabla se tiene la expresión:

$$K_t = 0.622 + 0.38 \left(\frac{D}{d} \right)^{-4.3} + \left(\frac{r}{d} \right)^{-0.5} \sqrt{\frac{-0.322 - 0.277(D/d)^2 + 0.599(D/d)^4}{1 - 2.55(D/d)^2 + 5.27(D/d)^4}}$$

$$K_t = 0.622 + 0.38 \cdot 1.1875^{-4.3} + 0.09375^{-0.5} \cdot \sqrt{\frac{0.322 - 0.277 \cdot 1.1875^2 + 0.599 \cdot 1.1875^4}{1 - 2.55 \cdot 1.1875^2 + 5.27 \cdot 1.1875^4}}$$

$$K_t = 1,605$$

4. De tabla de Parámetros de Heywood se tiene:

$$\sqrt{a} = \frac{139}{S_{ut}}$$

5. La resistencia última a la tensión media es $S_{ut} = 690 \text{ MPa}$ (Dato del Problema)

Luego:

$$\sqrt{a} = \frac{139}{S_{ut}} = \frac{139}{690} = 0,201$$

Carla Viviana Contreras Martinez SO2A

6. También

$$K_f = \frac{K_t}{1 + \frac{2(K_t - 1) * \sqrt{a}}{\sqrt{r} * K_t}}$$

Reemplazando valores

$$K_f = \frac{1,605}{1 + \frac{2 * (1,605 - 1) * \sqrt{0,201}}{\sqrt{3} * 1,605}}$$

Kf= 1,343

**Factor de concentración
de esfuerzo**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SAN ANDRÉS TUXTLA**

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
**DISEÑOS DE ELEMENTOS
DE MÁQUINAS**



HECTOR MIGUEL AMADOR CHAGALA

LINEA DEL TIEMPO

**CARLA VIVIANA
CONTRERAS MARTINEZ**

231U0099

GRUPO: 502A

03/09/2025

Sucesos y logros en la investigación de fallas por fatiga.

Año	Investigador	Suceso o logro
1829	Albert	Primero en documentar la falla por cargas repetidas.
1837	Ranking	Analiza la teoría de la cristalización de la fatiga.
1839	Poncelet	Primero en utilizar el término fatiga.
1849	Stephenson	Analiza la responsabilidad del producto asociada con fallas por fatiga en los ejes de los carros de ferrocarril.
1850	Braithwaite	Primero en utilizar el término fatiga en una publicación en inglés y analiza la teoría de la cristalización.
1864	Fairbairn	Informa sobre los primeros experimentos sobre cargas repetidas.
1871	Wöhler	Publica los resultados de 20 años de su investigación de las fallas de los ejes, perfecciona la prueba a flexión giratoria, el diagrama S-N, y define el límite de resistencia a la fatiga.
1886	Bauschinger	Inventa un extensómetro de espejo con una sensibilidad de 10^{-6} , y estudia el esfuerzo-deformación inelástico.
1903	Swing / Humfrey	Descubre las líneas de deslizamiento, grietas por fatiga y crecimiento de grietas hasta la falla, demostrando lo incorrecto de la teoría de cristalización.
1910	Baitstow	Verifica la teoría de Bauschinger respecto a un límite de fluencia elástico natural y el límite de resistencia a la fatiga de Wohler.
1910	Basquin	Enuncia la ley exponencial de las pruebas de resistencia a la fatiga (ecuación de Basquin).
1915	Smith / Wedgewood	Separan la deformación plástica cíclica de la deformación plástica total.
1921	Griffith	Aplica criterios para la fractura y relaciona la fatiga con el crecimiento de las grietas.
1927	Moore / Kommers	Cuantifican datos de fatiga de alto ciclaje para muchos materiales en "The Fatigue of Metals".
1930	Goodman /	Por separado determinan la influencia de los esfuerzos

	Sodeberg	medios sobre la fatiga.
1937	Neuber	Publica la ecuación de Neuber para la concentración de deformaciones en muescas (traducción al inglés en 1946).
1953	Peterson	Publica "Stress Concentration Design Factors" con un procedimiento para tomar en cuenta las muescas.
1955	Coffin / Manson	Publican de manera independiente la ley de fatiga de bajo ciclaje, con base en la deformación (ley Coffin/Manson).
1961	París	Publica la ley de París de mecánica de fracturas, para el crecimiento de la grietas por fatiga.
1962	Smith / Laird	Con la aplicación de los conceptos de mecánica de fractura para falla por fatiga, fueron desarrollados modelos conceptuales y cuantitativos para racionalizar experimentalmente la falla por fatiga a partir de la resistencia de los materiales de ingeniería.
1963	Mc Clinton	
1966	Weetman	
1967	Laird / Rice	
1969	Newman y Pelloux	
1970's 1980's	Elber / Bucci / Ghaki	Argumentan el contacto prematuro entre superficies de falla (basado en los efectos de grieta plástica) representado por un mecanismo asociado con el fenómeno de fatiga de grieta cerrada.
1980 1988 1990	Hertzberg / Manson Newman Suresh / Nakamura / Yeshurum / Yang/Duffy	Investigan y recogen los efectos que producen los materiales no metálicos y compuestos de los cuales se ofrece el potencial de mejoramiento mecánico, térmico y ambiental bajo cargas cíclicas a fatiga.
1991	Rosakis / Zehnder	Distribución de temperatura alrededor de grietas, propagándose dinámicamente en acero 4340 utilizando la medición experimental por medio de detectores infrarrojos de alta velocidad.
1994	Nakamura /	Análisis computacional de la propagación dinámica de

Carla Viviana Contreras Martinez 302A
Diseño de elementos de máquina

03 09 2025

	Krushner	grietas a lo largo de interfases bimateriales.
1995	Needlman / Tvergaard	Análisis de una transición "frágil-dúctil" bajo la dinámica de carga cortante en materiales sólidos y/o estructuras.
1997	Lameros / Shukla / Rosakis	Investigación de la mecánica de propagación intersónica a lo largo de una interfase bimaterial usando gradiente coherente y fotoelasticidad.
1999	Willis / Movchan	Perturbación dinámica tridimensional de propagación de grieta.
2000	Rosakis / Ravichandran	Tópicos para la investigación en la dinámica de fallas mecánicas (introducción y aplicaciones).
2002	Alves, M. / Jones, N.	Falla por impacto de vigas usando la mecánica de daños acumulados bajo cargas estáticas y dinámicas de modelo continuo.
2003	Dwivedi, S.K. / Espinosa, H. D.	Modelación dinámica de la propagación de grieta en fibra reforzada de material compuesto incluyendo los efectos friccionales.
2004	Lin, Z. / Lingcang, C.	Modelo simplificado para la predicción de la dinámica de daños y fractura de materiales dúctiles.
2005	Rusineck, A. / Zaera, R.	Análisis de inercia y efectos escalares en la formación dinámica durante la tensión en una lámina de acero.
2006	Roy Xu, L. / Wang, P.	Análisis dinámico de la fractura mecánica del modo de transición de falla a lo largo de interfases en sólidos elásticos.

Carla Viviana Contreras Martinez 502A
Diseños de elementos de máquinas

03 09 2025

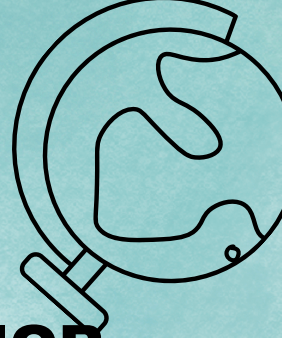
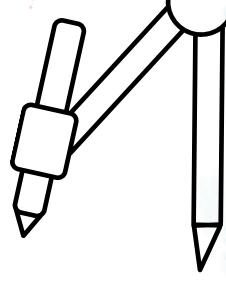
Sucesos y logros en la investigación de fallas por fatiga.

Año	Investigador	Suceso o logro
2007	Dr. Juan Martinez	Avances en la Modelización de Fatiga Publicó un estudio innovador sobre la modelización matemática de la fatiga en metales, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones.
2010	Dra. María López	Desarrollo de Nuevas Aleaciones Desarrolló nuevas aleaciones de aluminio que mostraron una resistencia mejorada a la fatiga, lo que redujo el peso de componentes en la industria aeroespacial.
2013	Dr. Carlos Hernández	Métodos de inspección No Destructiva Introdujo métodos avanzados de inspección no destructiva que permitieron detectar fallas por fatiga en etapas más tempranas, aumentando la seguridad en estructuras críticas.

Carla Viviana Contreras Martinez 502A
Diseño de elementos de máquinas

03 09 2025

Año	Investigador	Suceso o logro
2016	Dr. Luis Gómez	Simulación por computadora Desarrolló un software de simulación que permite predecir el comportamiento de materiales bajo condiciones de fatiga, facilitando el diseño de componentes más resistentes.
2019	Dra. Elena Torres	Nanotecnología y Resistencia a la Fatiga Aplicó nanotecnología para mejorar la resistencia a la fatiga de materiales compuestos, abriendo nuevas posibilidades en el diseño de productos más duraderos.
2022	Dr. Javier Ramírez	Inteligencia Artificial en la Predicción de Fallas Implementó algoritmos de inteligencia artificial para la predicción precisa de fallas por fatiga, revolucionando los procesos de mantenimiento preventivo.
2025	Dra. Sofía Fernández	Materiales Autorreparables Desarrolló materiales autorreparables que pueden restaurar su integridad después de sufrir daños por fatiga, marcando un avance significativo en la prolongación de la vida útil de los materiales.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN ANDRÉS TUXTLA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DISEÑOS DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

**HECTOR MIGUEL
AMADOR CHAGALA**

PROBLEMARIO

**CARLA VIVIANA
CONTRERAS MARTINEZ**

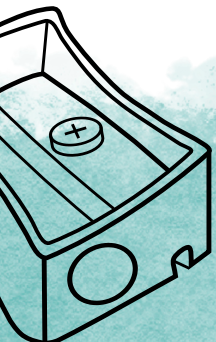
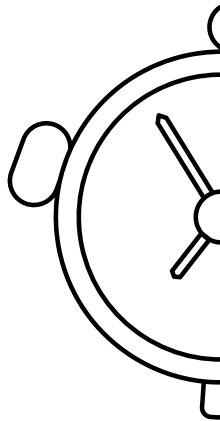
231U0099

GRUPO:502A

11/09/2025



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA**

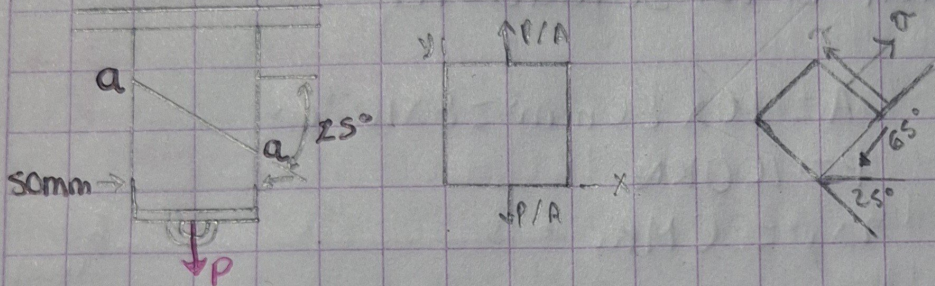


Carla Viviana Contreras Martinez 502A

Diseño de elementos de máquinas

10 09 2025

7.20 Dos elementos de sección transversal uniforme de $50 \times 80 \text{ mm}$ se pegan a lo largo del plano a-a que forma un ángulo de 25° con la horizontal. Si se sabe que los esfuerzos permisibles para la junta pegada son $\sigma = 800 \text{ kPa}$ y $\tau = 600 \text{ kPa}$, determine la carga axial máxima P que puede aplicarse.



Para el plano

$$a-a \theta = 65^\circ$$

$$\sigma_x = 0, \tau_{xy} = 0, \sigma_y = \frac{P}{A}$$

$$\sigma' = \sigma_x \cos^2 \theta + \sigma_y \sin^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta = 0 + \frac{P}{A} \sin^2 65^\circ + 0$$

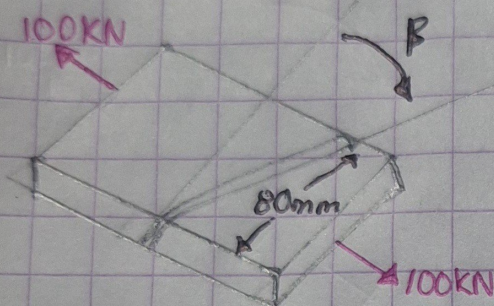
$$P = \frac{A \sigma'}{\sin^2 65^\circ} = \frac{(50 \times 10^{-3})(80 \times 10^{-3})(800 \times 10^3)}{\sin^2 65^\circ} = 3.40 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\tau' = -(\sigma_x - \sigma_y) \sin \theta \cos \theta + \tau_{xy} (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) = \frac{P}{A} \sin 65^\circ \cos 65^\circ + 0$$

$$P = \frac{A \tau'}{\sin 65^\circ \cos 65^\circ} = \frac{(50 \times 10^{-3})(80 \times 10^{-3})(600 \times 10^3)}{\sin 65^\circ \cos 65^\circ} = 6.27 \times 10^3 \text{ N}$$

$$P = 3.70 \text{ kN}$$

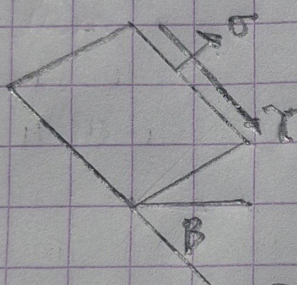
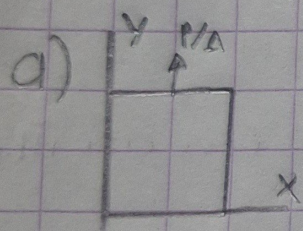
7.22 Dos placas de acero con sección transversal uniforme de $10 \times 80 \text{ mm}$ se sueldan entre sí, como se muestra en la figura. Si se sabe que se aplican cargas centradas de 100 kN sobre las placas soldadas y que el esfuerzo cortante en el plano paralelo a la soldadura es de 30 MPa , determine a) el ángulo β , b) el esfuerzo normal correspondiente perpendicular a la soldadura.



$$A = 10 \times 80 \text{ mm}^2 = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$P = 100 \text{ kN}$$

$$\tau_{x'y'} = 30 \text{ MPa}$$



$$\tau_{x'y'} = 30 \text{ MPa}$$

$$\tau_{x'y'} = \frac{-\sigma_x - \sigma_y \sin(2\beta) + \tau_{xy} \cos(2\beta)}{2}$$

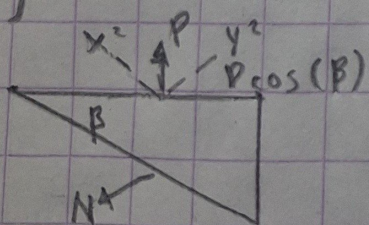
$$\tau_{x'y'} = \frac{0 - \sigma_y \sin(2\beta) + (0) \cos(2\beta)}{2}$$

$$\tau_{x'y'} = \frac{\sigma_y \sin(2\beta)}{2} = \frac{P}{A} \sin(2\beta)$$

$$30 \times 10^6 = \frac{100 \times 10^3}{8 \times 10^{-4}} \times \frac{\sin(2\beta)}{2}$$

$$\sin(2\beta) = 0.48 \quad \beta = 14.34^\circ$$

b)



$$\sum F_{y'} = 0: P \cos(\beta) - N = 0$$

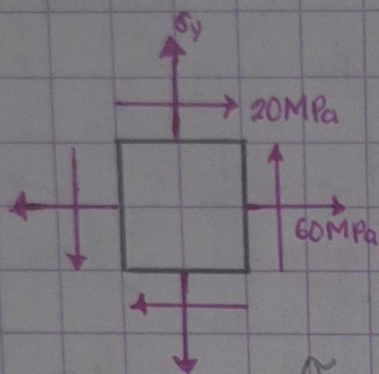
$$N = P \cos(\beta)$$

$$\sigma = \frac{N}{A \cos(\beta)} = \frac{P (\cos \beta)^2}{A}$$

$$\sigma = \frac{100 \times 10^3 (\cos 14.34^\circ)^2}{8 \times 10^{-4}}$$

$$\sigma = 117.33 \text{ MPa}$$

7.28 Para el estado de esfuerzo plano que se muestra en la figura, determine a) el valor máximo de σ_y para el cual el esfuerzo cortante máximo en el plano es menor o igual que 75 MPa.



$$\sigma_x = 60 \text{ MPa}, \sigma_y = 20 \text{ MPa}, \tau_{xy} = 20 \text{ MPa}$$

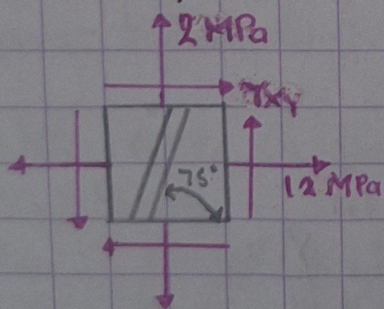
$$u = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \quad \sigma_y = \sigma_x - 2u$$

$$R = \sqrt{u^2 + \tau_{xy}^2} = \pm \sqrt{75^2 - 20^2} = 72.284 \text{ MPa}$$

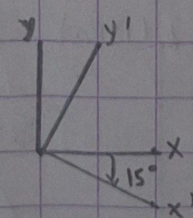
$$\sigma_y = \sigma_x - 2u = 60 \mp (2)(72.284) = -84.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 20 \text{ MPa}$$

7.30 Para el estado de esfuerzo plano que se muestra en la figura, determine a) el valor de τ_{xy} para el cual el esfuerzo cortante en el plano paralelo a la soldadura es cero, b) los esfuerzos principales correspondientes.



$$\sigma_x = 12 \text{ MPa}, \sigma_y = 2 \text{ MPa}, \tau_{xy} =$$



$$\theta_p = -15^\circ$$

$$\tan 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

$$a) \tau_{xy} = \frac{1}{2} (\sigma_x - \sigma_y) \tan 2\theta_p = \frac{1}{2} (12 - 2) \tan (-30^\circ) \quad \tau_{xy} = -2.89 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{5^2 + 2.89^2} = 5.7735 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) = 7 \text{ MPa}$$

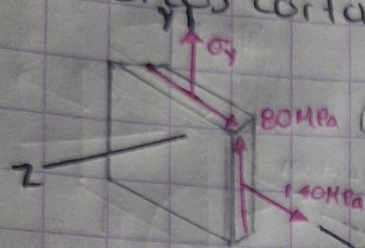
$$b) \sigma_a = \sigma_{ave} + R = 7 + 5.7735$$

$$\sigma_b = \sigma_{ave} - R = 7 - 5.7735$$

$$\sigma_a = 12.77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = 1.226 \text{ MPa}$$

7.68 Para el estado de esfuerzo plano ilustrado en la figura, determine el esfuerzo cortante máximo cuando
 a) $\sigma_y = 40 \text{ MPa}$, b) $\sigma_y = 120 \text{ MPa}$. (sugerencia: considere los esfuerzos cortantes en el plano y fuera de éste).



(a) $\sigma_x = 140 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 40 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 80 \text{ MPa}$

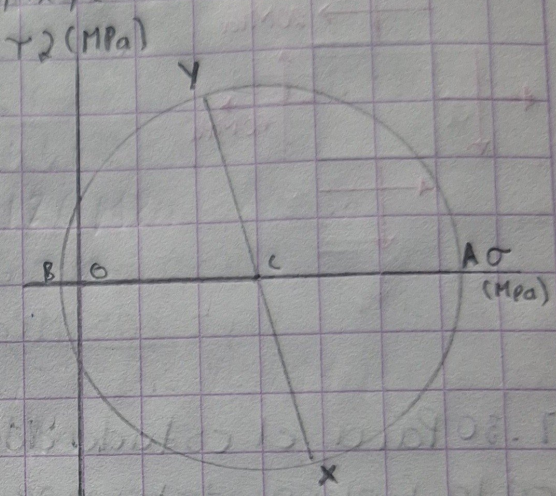
$$\sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y)$$

$$= 90 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$= \sqrt{50^2 + 80^2}$$

$$= 94.34 \text{ MPa}$$



$\sigma_a = \sigma_{ave} + R = 184.34 \text{ MPa (max)}$

$\sigma_b = \sigma_{ave} - R = -4.34 \text{ MPa (min)}$

$\sigma_c = 0$

$\tau_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_a - \sigma_b) = R = 94.34 \text{ MPa}$

$\tau_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_{max} - \sigma_{min}) = 94.3 \text{ MPa}$

b) $\sigma_x = 140 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 120 \text{ MPa}$, $\tau_{xy} = 80 \text{ MPa}$

$$\sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) = 130 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$= \sqrt{10^2 + 80^2} = 80.62 \text{ MPa}$$

$\sigma_a = \sigma_{ave} + R = 210.62 \text{ MPa (max)}$

$\sigma_b = \sigma_{ave} - R = 49.38 \text{ MPa}$

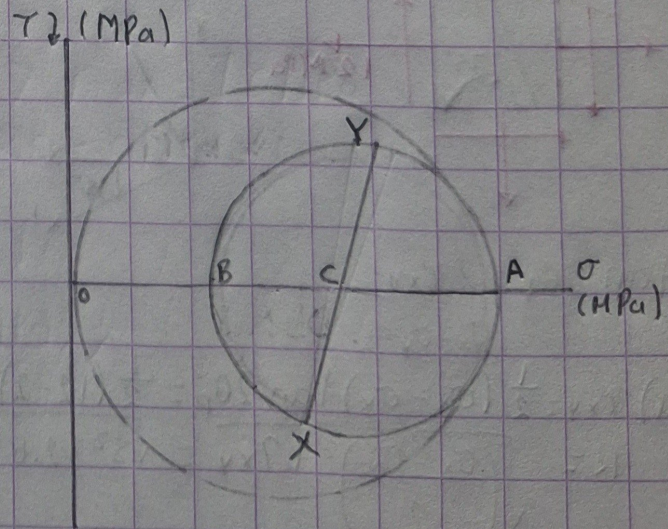
$\sigma_c = 0 \text{ (min)}$

$\sigma_{max} = \sigma_a = 210.62 \text{ MPa (max)}$

$\sigma_{min} = \sigma_c = 0$

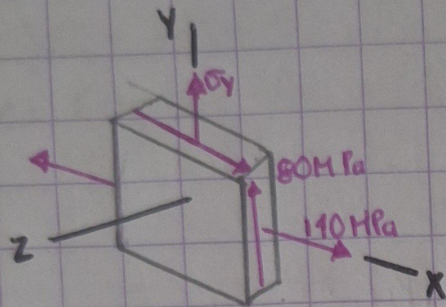
$\tau_{max} = R = 80.62 \text{ MPa}$

$\tau_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_{max} - \sigma_{min}) = 105.3 \text{ MPa}$



$\tau_{max} = 105.3 \text{ MPa}$

7.69 Para el estado de esfuerzo plano que se muestra en la figura, determine el esfuerzo cortante máximo en la figura, determine el esfuerzo cortante máximo cuando a) $\sigma_y = 40 \text{ MPa}$, b) $\sigma_y = 120 \text{ MPa}$. (Sugerencia: Considere los esfuerzos cortantes en el plano y fuera de éste).



a) $\sigma_x = 140 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 20 \text{ MPa}$
 $\tau_{xy} = 80 \text{ MPa}$

$$\sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) = 80 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100 \text{ MPa}$$

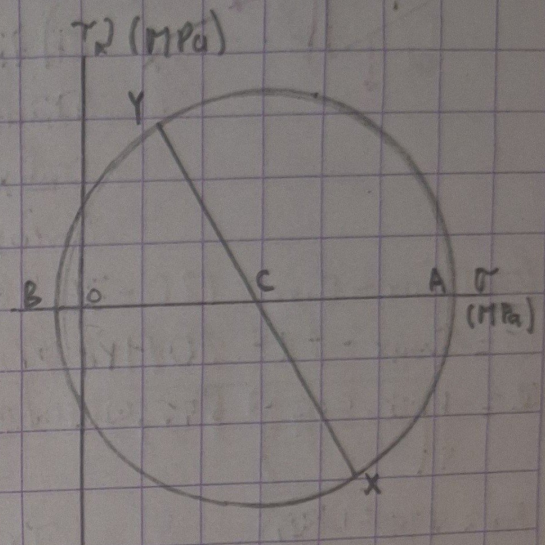
$$\sigma_a = \sigma_{ave} + R = 80 + 100 = 180 \text{ MPa (max)}$$

$$\sigma_b = \sigma_{ave} - R = 80 - 100 = -20 \text{ MPa (min)}$$

$$\sigma_c = 0$$

$$T_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_a - \sigma_b) = 100 \text{ MPa}$$

$$T_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_{max} - \sigma_{min}) = 100 \text{ MPa}$$



$$T_{max} = 100 \text{ MPa}$$

b) $\sigma_x = 140 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 140 \text{ MPa}$

$$\tau_{xy} = 80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) = 140 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{0 + 80^2} = 80 \text{ MPa}$$

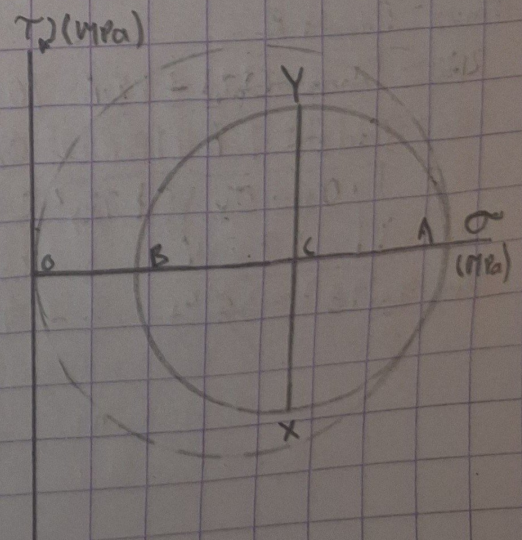
$$\sigma_a = \sigma_{ave} + R = 220 \text{ MPa (max)}$$

$$\sigma_b = \sigma_{ave} - R = 60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 0 \text{ (min)}$$

$$T_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_a - \sigma_b) = 80 \text{ MPa}$$

$$T_{max} = \frac{1}{2} (\sigma_{max} - \sigma_{min}) = 110 \text{ MPa}$$



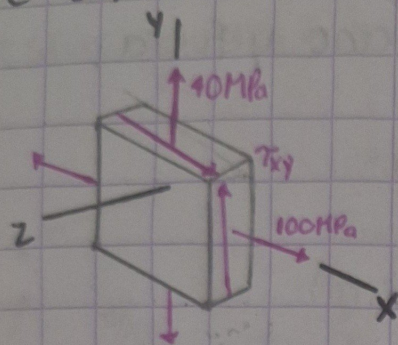
$$T_{max} = 110 \text{ MPa}$$

Carla Viviana Contreras Martinez 302A

Diseño de elementos de máquinas

11 09 2025

7.77 Para el estado de esfuerzo plano que se muestra en la figura, determine el valor de T_{xy} para el cual el esfuerzo cortante máximo es de a) 60 MPa, b) 78 MPa.



$$\sigma_x = 100 \text{ MPa}, \sigma_y = 40 \text{ MPa}, \sigma_z = 0$$
$$\sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) = 70 \text{ MPa}$$

a) $T_{max} = 60 \text{ MPa}$

$$\sigma_{max} = \sigma_{min} + 2 T_{max}$$

$$\sigma_{max} = 0 + (2)(60) = 120 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{ave} + R$$

$$R = \sigma_{max} - \sigma_{ave} = 120 - 70 = 50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = \sigma_{max} - 2R = 20 \text{ MPa} > 0$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + T_{xy}^2} = \sqrt{30^2 + T_{xy}^2} = 50 \text{ MPa}$$

$$T_{xy} = \sqrt{50^2 - 30^2}$$

$$T_{xy} = 40 \text{ MPa}$$

b) $T_{max} = 78 \text{ MPa}$

$$\sigma_{max} = \sigma_{min} + 2 T_{max} = 0 + (2)(78) = 156 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{ave} + R$$

$$R = \sigma_{max} - \sigma_{ave} = 156 - 70 = 86 \text{ MPa} > T_{max} = 78 \text{ MPa}$$

$$R = T_{max} = 78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{min} = \sigma_{ave} - R = -8 \text{ MPa} < 0$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + T_{xy}^2} = \sqrt{30^2 + T_{xy}^2}$$

$$T_{xy} = \sqrt{78^2 - 30^2}$$

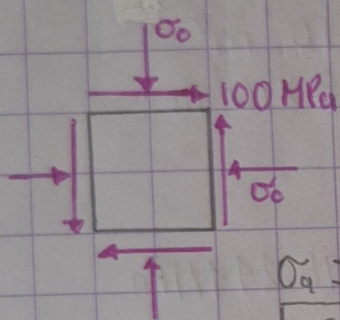
$$T_{xy} = 72 \text{ MPa}$$

Carla Viviana Contreras Martinez 502A

Diseño de elementos de máquinas

11 09 2025

7.81 El estado de esfuerzo plano que se muestra en la figura ocurre en un componente estructural de acero de una máquina con $\sigma_y = 325 \text{ MPa}$. Con el criterio de la máxima energía de distorsión determine si ocurre cedencia cuando a) $\sigma_o = 200 \text{ MPa}$, b) $\sigma_o = 240 \text{ MPa}$, c) $\sigma_o = 280 \text{ MPa}$. Si no ocurre cedencia, determine el factor de seguridad correspondiente.



$$\sigma_{max} = -\sigma_o \quad R = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{2} + \tau_{xy}^2} = 100 \text{ MPa}$$

a) $\sigma_o = 200 \text{ MPa} \quad \sigma_{ave} = -200 \text{ MPa}$

$$\sigma_a = \sigma_{ave} + R = -100 \text{ MPa} \quad \sigma_b = \sigma_{ave} - R = -300 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 - \sigma_a \sigma_b} = 264.56 \text{ MPa} < 325 \text{ MPa}$$

$$F.S. = \frac{325}{264.56}$$

$$F.S. = 1.228$$

$$264.56$$

b) $\sigma_o = 240 \text{ MPa} \quad \sigma_{max} = -240 \text{ MPa}$

$$\sigma_a = \sigma_{ave} + R = 140 \text{ MPa} \quad \sigma_b = \sigma_{ave} - R = -340 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 - \sigma_a \sigma_b} = 295.97 \text{ MPa} < 325 \text{ MPa}$$

$$F.S. = \frac{325}{295.97}$$

$$F.S. = 1.098$$

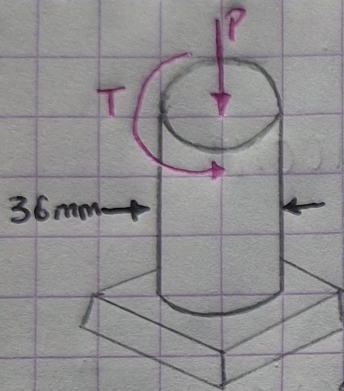
$$295.97$$

c) $\sigma_o = 280 \text{ MPa} \quad \sigma_{ave} = -280 \text{ MPa}$

$$\sigma_a = \sigma_{ave} + R = -180 \text{ MPa} \quad \sigma_b = \sigma_{ave} - R = -380 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 - \sigma_a \sigma_b} = 329.24 \text{ MPa} > 325 \text{ MPa}$$

7.85 El eje AB de 36 mm de diámetro está hecho de un grado de acero cuyo esfuerzo de tensión hasta la fluencia es de 250 MPa. Usando el criterio del esfuerzo cortante máximo, determine la magnitud del par de torsión T para el que ocurre la fluencia cuando $P = 200$ kN.



$$P = 200 \text{ kN} = 200 \times 10^3 \text{ N} \quad c = \frac{1}{2} d = 18 \text{ mm} = 18 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$A = \pi c^2 = \pi (18 \times 10^{-3})^2 = 1.01788 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma_y = -\frac{P}{A} = -\frac{200 \times 10^3}{1.01788 \times 10^{-3}} = -196.488 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$= -196.488 \text{ MPa}$$

$$\sigma_x = 0 \quad \sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) = \frac{1}{2} \sigma_y = -98.244 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{(98.244)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_a = \sigma_{ave} + R$$

$$\sigma_b = \sigma_{ave} - R$$

$$|\sigma_a - \sigma_b| = 2R$$

$$|\sigma_a - \sigma_b| > |\sigma_a|$$

$$|\sigma_a - \sigma_b| > |\sigma_b|$$

$$|\sigma_a - \sigma_b| = 2R = \sigma_y = 250 \text{ MPa} \quad R = 125 \text{ MPa}$$

$$125 = \sqrt{(98.244)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_{xy} = \sqrt{(125)^2 - (98.244)^2} = 77.286 \text{ MPa} = 77.286 \times 10^6 \text{ Pa}$$

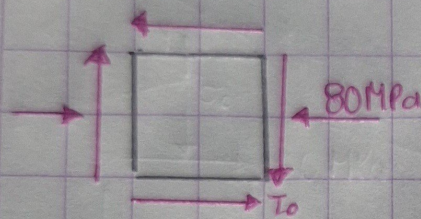
$$\text{Torsion} \quad J = \frac{\pi}{2} c^4 = \frac{\pi}{2} (18 \times 10^{-3})^4 = 164.396 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tc}{J} \quad T = \frac{J \tau_{xy}}{c} = \frac{(164.396 \times 10^{-9})(77.286 \times 10^6)}{18 \times 10^{-3}}$$

$$= 708 \text{ N.m}$$

$$T = 708 \text{ N.m}$$

7.99 El estado de esfuerzo plano que se muestra en la figura ocurrirá en un punto crítico de un tubo que está hecho de una aleación de aluminio para la cual $\sigma_{UT} = 75 \text{ MPa}$ y $\sigma_{UC} = 150 \text{ MPa}$. Use el criterio de Mohr y determine el esfuerzo cortante τ_0 para el cual se puede esperar una falla.



$$\sigma_x = -80 \text{ MPa} \quad \sigma_y = 0 \quad \tau_{xy} = -\tau_0$$

$$\sigma_{ave} = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) = -40 \text{ MPa}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{40^2 + \tau_0^2} \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \sigma_{ave} + R \quad \sigma_b = \sigma_{ave} - R \quad \tau_0 = \pm \sqrt{R^2 - 40^2}$$

$$\sigma_a - \sigma_b = 1$$

$$\sigma_{UT} \quad \sigma_{UC}$$

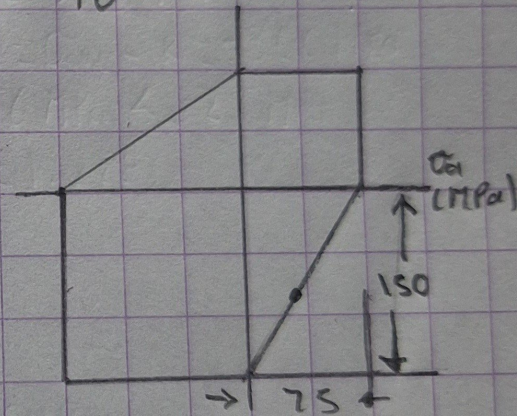
$$\frac{-40 + R}{75} - \frac{-40 - R}{150} = 1$$

$$\frac{R}{75} + \frac{R}{150} = 1 + \frac{40}{75} - \frac{40}{150} = 1.2667$$

$$\frac{R}{75} + \frac{R}{150} = 1.2667$$

$$R = 63.33 \text{ MPa} \quad \tau_0 = \pm \sqrt{63.33^2 - 40^2}$$

$$\tau_0 = \pm 49.1 \text{ MPa}$$



Carla Viviana Contreras Martínez 302A

Diseño de elementos de máquinas

08 09 2025

1. ¿Explica las etapas de la falla por fatiga?

Son tres etapas: La primera es Iniciación de la grieta, formación de una pequeña grieta en un defecto superficial, La segunda es propagación de la grieta crecimiento gradual de la grieta bajo cargas cíclicas y la tercera etapa Fractura, final falla repentina cuando la grieta se vuelve lo suficientemente grande como para que el material no soporta la carga.

2. Menciona 4 técnicas de pruebas para medición de falla por fatiga?

1. Ensayo Tensión-Vida (curva S-N)
2. Método de Deformación-Vida
3. Mecánica de fractura Elástica Lineal (LEFM)
4. Ensayo de fatiga bajo carga cíclica

3. ¿Cuáles son los criterios de la Mecánica de la Fractura?

Son:

- K_a : Factor de superficie
- K_b : Factor de tamaño
- K_c : Factor de carga
- K_d : Factor de confiabilidad
- K_e : resistencia a la fatiga de la probeta

4. ¿Explique la prueba del límite de Resistencia a la Fatiga?

Determina la máxima amplitud de tensión que un material puede soportar un número infinito de ciclos de carga sin fallar, Se realiza mediante ensayos de vida a fatiga donde se aplica una carga cíclica repetida a una muestra de material hasta que se produce la rotura.

Carla Viviana Contreras Martinez SO2A

Diseño de elementos de máquinas

08 04 2025

Un eje de acero tiene una resistencia última a la tensión media de 690 MPa y un hombro con un radio de filote de 3mm que conecta un diámetro de 32mm con uno de 38mm. Estime K_f usando: a) La figura 6-20 b) Las ecuaciones (6-33) y (6-35).

$$K_f = 1 + \frac{K_t - 1}{1 + \sqrt{a/r}}$$

$$\sqrt{a} = 0.245799 - 0.307794(0.69) + 1.50874E^{-3}(0.69)^2 - (2.66418E^{-8}(690E^6)^3)$$

$$\sqrt{a} = 0.245799 - 2.123778E^{-3} + 7.183111 \times 10^{-6} - 8.7701E^{-9}$$

$$\sqrt{a} = 0.2436$$

$$K_t = \left(\frac{D}{a} + \frac{r}{d} \right) + 1.65 \quad K_f = \frac{1 + (1.65 - 1)}{1 + \sqrt{0.0593/3}}$$

$$K_f = 1 + (0.5698) = K_f = 1.5698$$