

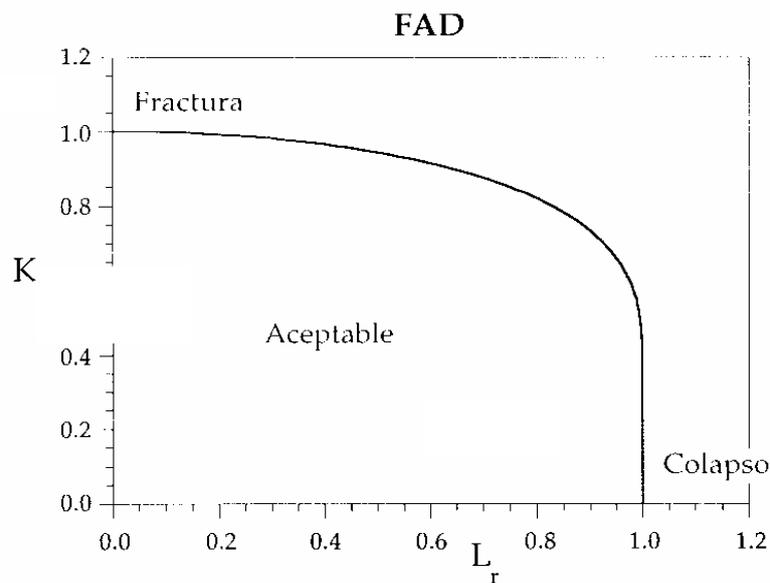
## PROBLEMAS MÓDULO FRACTURA

### PROBLEMA 1

Una placa metálica de grandes dimensiones que contiene fisuras de longitud  $2a=20$  mm se encuentra sometida a una tensión de trabajo de 50, 150, 250 y 350 MPa, dependiendo del ciclo térmico en el que se encuentra. La existencia de estos ciclos térmicos hace prever una evolución de las propiedades mecánicas del material del modo que indica la siguiente tabla:

t (años)	0	5	10	15	20
$\sigma_Y$ (MPa)	500	510	540	565	585
$K_{IC}$ (MPa m <sup>1/2</sup> )	150	135	120	100	85

- Representar en el diagrama de fallo del material la evolución de las condiciones de seguridad durante el año 0, 10 y 20.
- ¿Cuál es la condición más crítica?
- Determinar el periodo de tiempo durante el que se garantiza un coeficiente de seguridad por encima de 1.2.



$$K_r = K_I / K_{IC}$$

$$L_r = \sigma / \sigma_Y$$

## PROBLEMAS MÓDULO FRACTURA

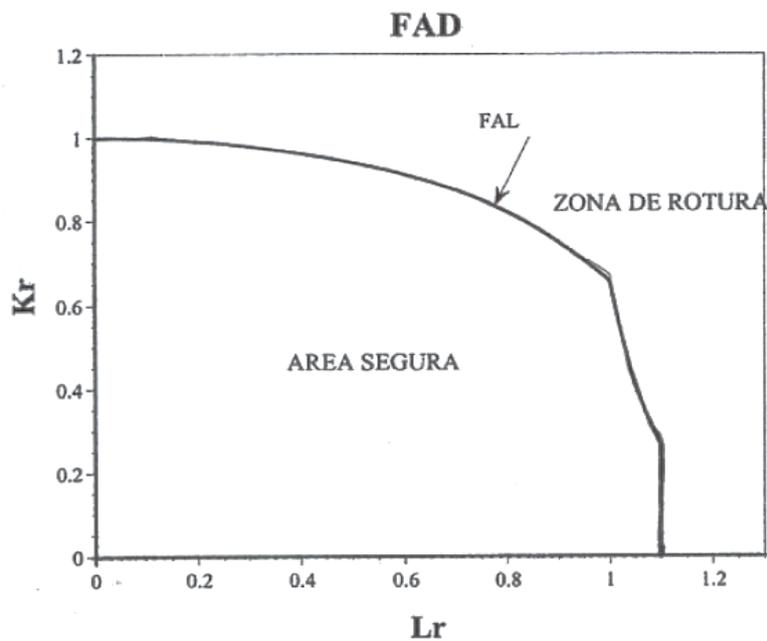
### PROBLEMA 2

Obtenga el valor crítico de la fisura de un tirante ( $K_I = 1,2 \sigma \sqrt{\pi a}$ ) que trabaja a una tensión admisible de  $\sigma = \sigma_y/1,2$ , bajo dos formas de trabajo:

- Con el criterio tensional de fractura considerando las posibles correcciones de la plasticidad local, por Irwin, en deformación plana.
- Usando sin correcciones el diagrama de fallo (FAD) que se adjunta. Comparar los resultados

$$\sigma_y = 600 \text{ MPa}$$

$$K_{Ic} = 120 \text{ MPa m}^{1/2}$$



## PROBLEMAS MÓDULO FRACTURA

### PROBLEMA 3

Una de las características más reseñables del procedimiento de integridad estructural SINTAP (Structural Integrity Assesment Procedure) es la denominada “filosofía de la jerarquización” que permite realizar cálculos menos conservadores a medida que se dispone de información más completa acerca del material. Se adjuntan dos diagramas de fallo extraídos del citado procedimiento. El diagrama por defecto deberá utilizarse cuando sólo se disponga de valores de  $\sigma_Y$  y  $K_{Ic}$  pudiendo emplearse el menos conservador sólo si se dispone de curvas completas de tracción.

¿Cuál de ellos es más conservador y por qué?

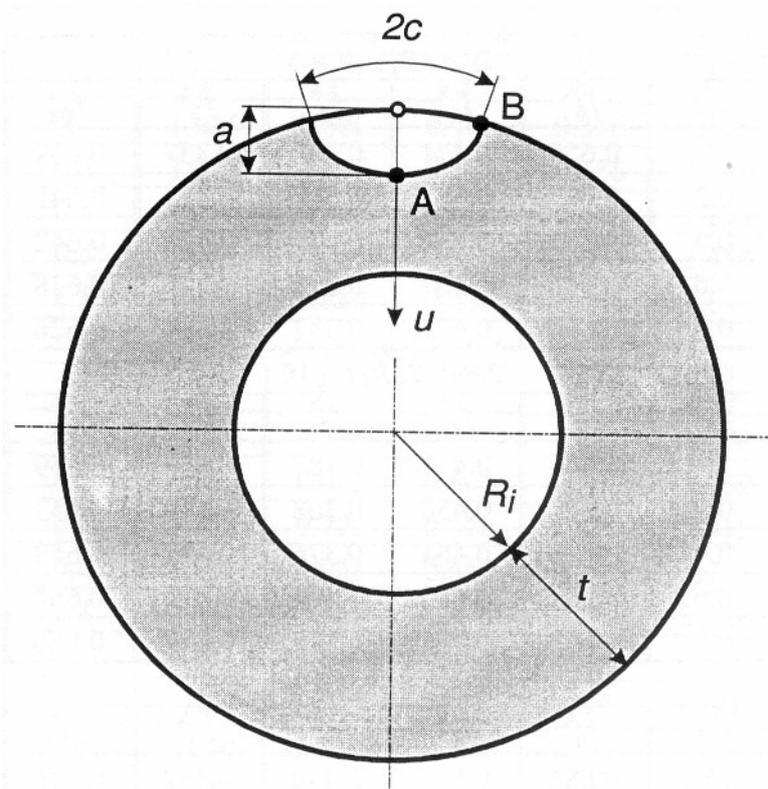
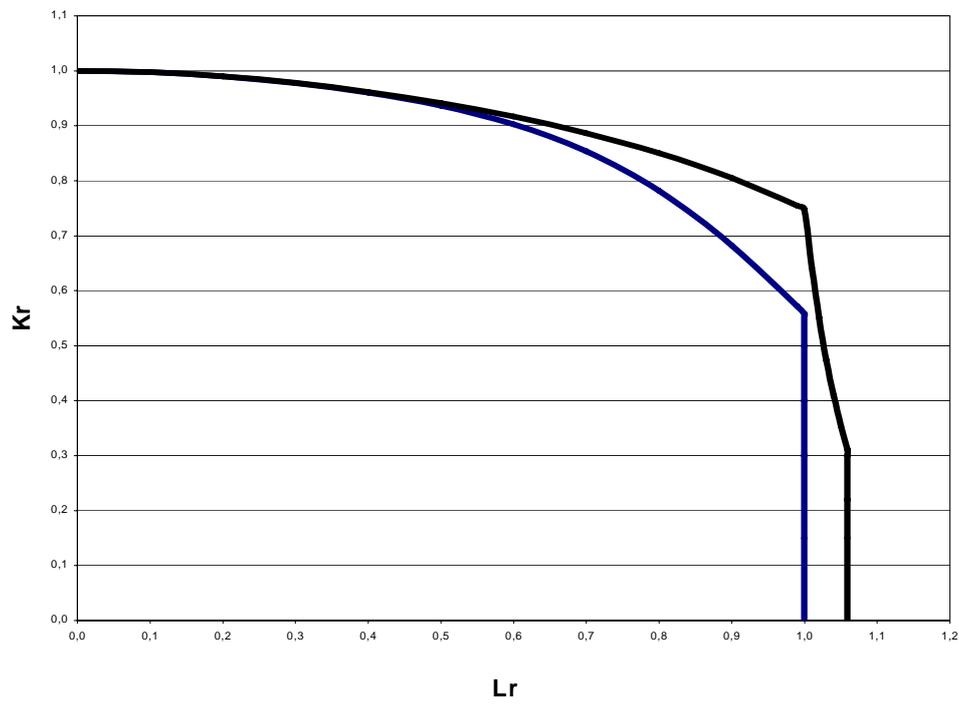
Se pretende evaluar la Integridad Estructural de la vasija de un reactor nuclear tipo BWR (reactor de agua en ebullición), fabricada en acero. La geometría del mismo se compone de un cuerpo cilíndrico de 550 pulgadas de altura y 188 de diámetro interior. La tapa inferior del recipiente es plana y la superior semiesférica. El espesor de todo el conjunto es de 5 pulgadas. La presión de trabajo en condiciones normales es de 7 MPa y la temperatura de 280 °C.

La normativa vigente de cálculo exige considerar una fisura semielíptica cuya profundidad sea un cuarto del espesor de la vasija. Para este tipo de componentes la expresión del factor de intensidad de tensiones es la que se presenta a continuación junto con sus parámetros tabulados. Los superíndices T y F indican el componente a tracción y flexión, respectivamente.

a/t	f <sup>T</sup>	f <sup>F</sup>	$K_I = \sqrt{\pi a} \left[ \sigma^T f^T \left( \frac{a}{t} \right) + \sigma^F f^F \left( \frac{a}{t} \right) \right]$
0	0.413	0.387	
0.2	0.455	0.411	
0.4	0.497	0.435	
0.6	0.568	0.475	
0.8	0.670	0.531	

- Sabiendo que inicialmente se conocen exclusivamente  $\sigma_Y=345$  MPa y  $K_{Ic}=125$  MPa  $m^{1/2}$  y suponiendo que la fisura está ubicada en la región central del cilindro (donde pueden despreciarse los efectos de borde originados por las tapas) evaluar la situación del componente. ¿Cuál es la máxima tensión admisible en este caso? ¿Consideras que la vasija se encuentra segura?
- Para la fisura que se postula, ¿cómo se producirá el fallo del componente?, ¿qué temperatura del vapor es necesario alcanzar? (admitir que el vapor se comporta como un gas ideal).
- Si la fisura incrementara su tamaño, ¿podría alterarse el mecanismo de fallo?
- Repetir el proceso suponiendo que no se dispone de ninguno de los FAD.
- Supóngase, para la fisura postulada, que la temperatura del reactor aumenta hasta valores del orden de los obtenidos en el apartado c). ¿Recomendarías ante tal posibilidad la realización de ensayos de tracción?

**Nota:** En los cálculos considere el recipiente como un elemento de pared delgada.



## PROBLEMAS MÓDULO FRACTURA

### PROBLEMA 4

Un empleado resentido con su empresa intenta destruir un componente ingenieril de gran valor. Para ello, una noche después de finalizar su jornada laboral provoca una entalla aguda en el borde de una placa de acero. Dicha entalla se encuentra orientada perpendicularmente a las tensiones principales de la placa.

Otro empleado observa la acción y llama por teléfono al vigilante de la empresa. Este, que vive a 5 km de la factoría, tarda 2 minutos tras recibir el aviso en partir viajando en bicicleta a una velocidad de 15 km/h.

Sabiendo que:

1) La placa dañada está fabricada en acero presentando las siguientes características mecánicas:

$\sigma_y = 1250 \text{ MPa}$  ;  $K_{Ic} = 48 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$  siendo su ancho 180 mm y su espesor 5 mm.

2) La placa se encuentra sometida a cargas variables entre 5 kN y 85 kN a una frecuencia de 75 Hz.

3) La fisura producida por el empleado nº 1 tiene una profundidad de 1 cm ocupando el espesor de la placa.

4) El empleado nº 2, que resultó ser un experto en Mecánica de la Fractura, hizo ver que la fisura propagaría a una velocidad proporcional a la variación al CTOD correspondiente

a cada ciclo, siendo  $\Delta\delta = \frac{\Delta K_I^2}{2\sigma_y E}$

5) El análisis fractográfico tras rotura mostró la presencia de estrías separadas  $2,5 \times 10^{-4}$  mm cuando la fisura había propagado 2,5 mm desde la fisura inicial de 1 cm.

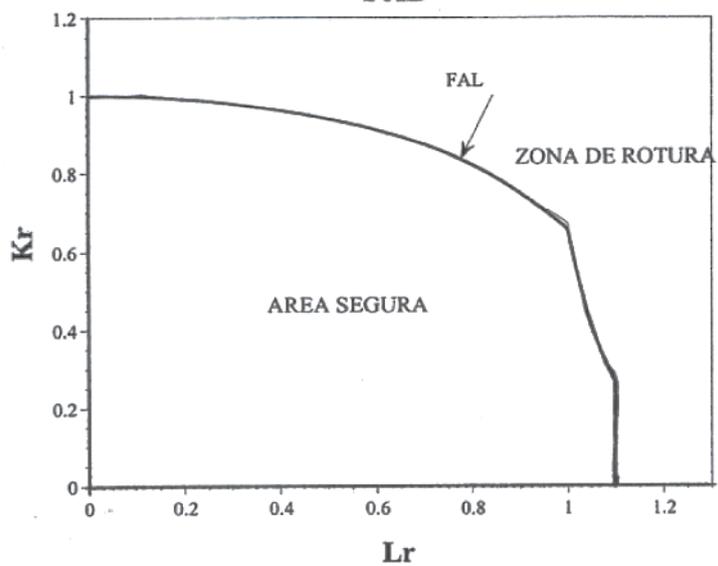
¿Alcanzará el vigilante la factoría a tiempo de parar los equipos antes del fallo catastrófico? Haga las suposiciones que crea oportunas, pero exponiéndolas con claridad.

Representar en un diagrama de fallo la evolución de las condiciones de seguridad de la placa. A partir de dicho diagrama deducir el tamaño de fisura crítico y comentar el resultado comparándolo con el del apartado anterior.

**Datos:**  $K_I = 1,12 \sigma \sqrt{\pi a}$  ;  $K_r = \frac{K_I}{K_{Ic}}$  ;  $L_r = \frac{P}{P_0}$

**Carga límite de plastificación**  $P_0 = 1,25 (W-a) \cdot \sigma_y \cdot B$ ; siendo W y B respectivamente el ancho y espesor de la pletina

# FAD



## PROBLEMAS MÓDULO FRACTURA

### PROBLEMA 5

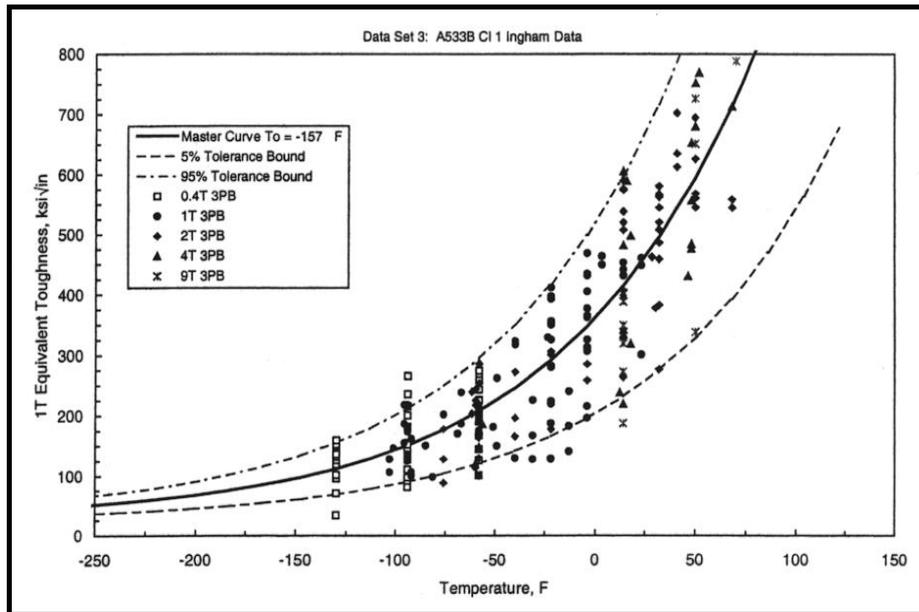
La integridad estructural de las vasijas y recipientes a presión de fabricación norteamericana está regulada por la normativa de dicho país, en este caso por el código ASME (American Society of Mechanical Engineers). En este documento se proporcionan expresiones que permiten obtener el factor de intensidad de tensiones, FIT, en el supuesto de que el recipiente presente un defecto que se postula, con forma elíptica, profundidad (longitud de fisura) igual a un cuarto del espesor de la pared,  $t$ , y longitud 1.5 veces dicho espesor. Para el caso más sencillo considerado en el código (despreciando los términos de flexión y las tensiones originadas por los gradientes térmicos) la expresión del FIT, suponiendo que se trata de un defecto axial (el plano de la fisura contiene al eje del cilindro), es la siguiente (siendo  $p$  la presión de trabajo y  $R_i$  el radio interior de la vasija):

$$K_I \left( \text{MPa} \cdot \text{m}^{\frac{1}{2}} \right) = 0.450 \cdot \sqrt{t(\text{m})} \cdot p(\text{MPa}) \cdot \frac{R_i}{t}$$

El componente que se desea estudiar, vasija cilíndrica de 20 cm de espesor y 4.5 m de radio interior, está sometido a dos ciclos de trabajo que suponen condiciones de presión y temperatura como las que se reproducen en la tabla adjunta. Ambas temperaturas pertenecen a la zona de transición dúctil-frágil (ZTDF) del acero que constituye el recipiente. Recientemente, se ha desarrollado un enfoque que describe el comportamiento de una amplia familia de aceros en la ZTDF conocido como modelo de la Curva Patrón el cual reproduce la dispersión estadística de la tenacidad en la ZTDF, figura adjunta, incluyendo como parámetro la probabilidad de fallo. La tenacidad depende exclusivamente de la llamada temperatura de referencia, que para el acero aquí considerado vale  $T_0 = -100^\circ\text{C}$ . Las expresiones de la tenacidad,  $K_C$  ( $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ), en función de la temperatura,  $T$  ( $^\circ\text{C}$ ), para la probabilidad de fallo del 5% y 1%, respectivamente, son las siguientes (con la cota superior que también se incluye):

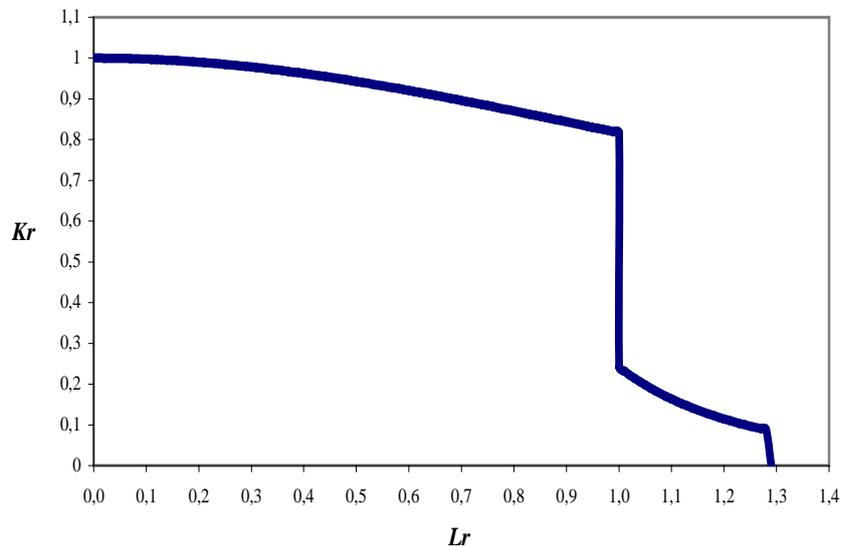
$$K_{C,0.05} = 25.2 + 36.6 \cdot e^{0.019 \cdot (T - T_0)} \quad K_{C,0.01} = 23.5 + 24.4 \cdot e^{0.019 \cdot (T - T_0)} \quad K_C \leq 200 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

CICLO	T ( $^\circ\text{C}$ )	p (MPa)
1	-10	6
2	-50	18



A partir de estos datos, responder a las siguientes preguntas:

- Representar sobre el diagrama de fallo que se proporciona las líneas verticales que representan las condiciones de trabajo ('s' representa la tensión concomitante con un defecto axial, es decir, la tensión circunferencial) sabiendo que el acero presenta un límite elástico de valor 450 MPa.
- Idem con las líneas horizontales para los dos niveles de confianza considerados.
- Se desea comparar las predicciones de los dos niveles de seguridad considerados: ¿resultan coherentes o, por el contrario, se dan situaciones de discrepancia?



$$K_r = \frac{K_I}{K_C} \quad L_r = \frac{s}{s_Y}$$

INTRODUCCIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL.

**PROBLEMAS MÓDULO FRACTURA**

HOJA RESUMEN

<i>Problema 1</i> Periodo de tiempo en el que se garantiza un coeficiente de seguridad $>1,2$	
<i>Problema 2</i> Valor crítico de fisura según FAD	
<i>Problema 3</i> Temperatura de vapor para que se produzca el fallo	
<i>Problema 4</i> ¿Se evitará el fallo catastrófico del componente?	
<i>Problema 5</i> ¿Se encuentra la vasija en condiciones seguras según todos los supuestos?	