

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA FRACTURA ENTRE ACEROS ESTRUCTURALES ASTM A-36 Y GRADO MAQUINARIA AISI 1045

5.1.1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EN ACERO ASTM A 36

Tabla 5.1 Resultados de las pruebas de fractura por fatiga acero ASTM A 36

Prob	PQ [KN]	P _{max} [KN]	$\frac{P_{max}}{P_Q}$	a [mm]	W [mm]	B [mm]	σ_{sy} [Mpa]	F	KQ [Mpa.m ^{1/2}]	Bp [mm]	0,6KQ [Mpa.m ^{1/2}]	N	ΔKI
E1					48	24	250		0,00	0,0000	0,00	10800	
E2				24,74	48	24	250	10,14	0,00	0,0000	0,00	21880	
E3	36,75	39,8	1,08	25,03	48	24	250	10,34	72,25	0,0002	43,35	15010	62,29
E4	24	27,3	1,14	21,38	42	21	250	9,93	55,40	0,0001	33,24	52320	38,98
E5	21	25,3	1,20	22,00	42	21	250	10,41	50,81	0,0001	30,48	42120	42,30
E6	30	36	1,20	24,97	48	24	250	10,29	58,73	0,0001	35,24	44490	43,33
E7	34	40	1,18	24,59	48	24	250	10,04	64,89	0,0002	38,94	43820	43,33
E8	33	35,8	1,08	25,07	48	24	250	10,36	65,03	0,0002	39,02	48300	42,21
E9	29,3	31,3	1,07	24,88	48	24	250	10,23	57,00	0,0001	34,20	61860	38,77
E10	31,5	34,3	1,09	25,23	48	24	250	10,47	62,75	0,0002	37,65	73210	36,83

Fuente: Anexo J.

Los resultados KQ de las probetas E1-E8, no satisfacen los requerimientos que exige la Norma ASTM E399, indicados en el capítulo 2, ecuaciones 2.20, 2.21 y 2.22.

Por lo que se realizaron dos pruebas adicionales con las probetas E9 y E10 a temperaturas bajo 0°C de (-10°C a -50°C). Con lo cual se obtuvieron valores validos de KQ según la norma ASTM E399, de tal manera que este es un valor reconocido como la tenacidad a la fractura K_{IC} para el acero ASTM A 36 a temperaturas bajo 0°C.

Tabla 5.2 Tenacidad a la fractura K_{IC} acero ASTM A 36 a -25°C

Prob.	KQ [Mpa.m ^{1/2}]	K_{IC} [Mpa.m ^{1/2}]
E9	57,00	59,87
E10	62,75	

5.1.1.1 Aplicación de K_{IC}

Determinar si una viga W 8 x 21 hecha de acero estructural ASTM A 36 resiste las cargas dispuestas en la Figura 5.1, considerar el peso de la viga.

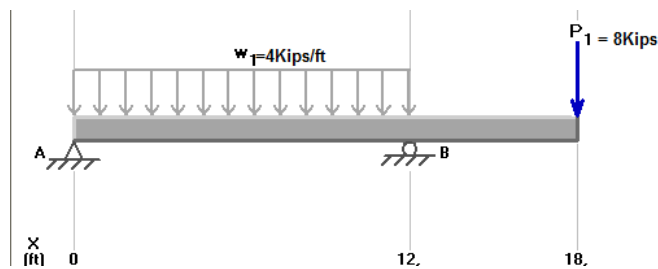


Figura 5.1 Ejercicio de aplicación

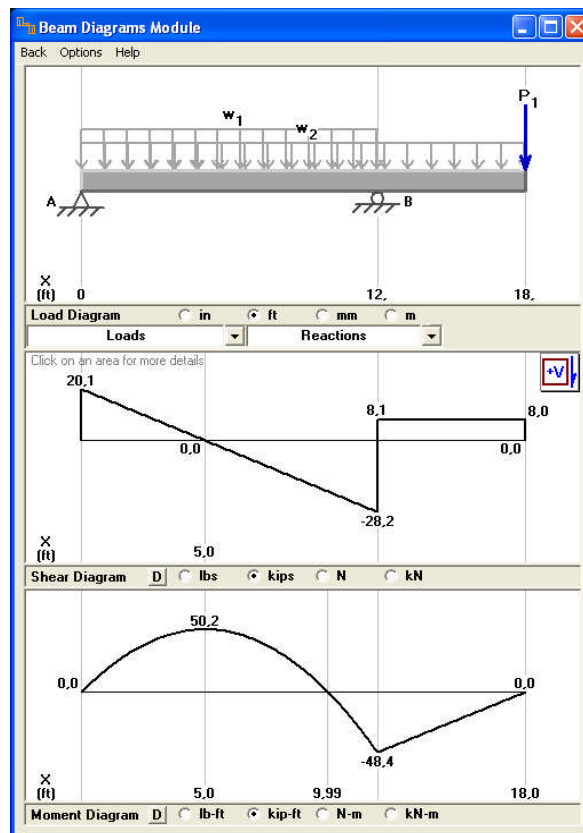


Figura 5.2 Diagrama de cortante y momento flector

$$\sigma_y := 36 \quad \text{Ksi}$$

$$M_{\max} := 50.25 \quad \text{Kips-ft}$$

Propiedades de perfil W 8 x 21

$$h := 8.28 \quad \text{in}$$

$$I_x := 75.3 \quad \text{in}^4$$

$$\sigma_{\max} := \frac{M_{\max} \cdot 12 \cdot \frac{h}{2}}{I_x} \cdot 6.895$$

$$\sigma_{\max} = 228.59 \quad \text{Mpa}$$

$$FS := \frac{\sigma_y}{\sigma_{\max}} \cdot 6.895$$

$$FS = 1.086$$

Si la en la viga de la figura 5.1 presenta en el patín inferior una grieta de 2mm de longitud, que atraviesa todo el ancho del mismo. En esta condición la viga se encuentra a -10°C, determinar si resistirá y la longitud crítica de grieta.

$$K_{IC} := 59.87 \quad \text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$a := 2 \quad \text{mm}$$

$$K_I := 1.12 \sigma_{\max} \sqrt{\pi \cdot \frac{a}{1000}}$$

$$K_I = 20.294 \quad \text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$N := \frac{K_{IC}}{K_I}$$

$$N = 2.95$$

$$a_c := \frac{1000}{\pi} \left(\frac{K_{IC}}{1.12 \sigma_{\max}} \right)^2$$

$$a_c = 17.407 \quad \text{mm}$$

En dichas condiciones la viga resistirá

5.1.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EN ACERO AISI 1045

Tabla 5.3 Resultados de las pruebas de fractura por fatiga acero AISI 1045

Prob	PQ [KN]	P _{max} [KN]	$\frac{P_{max}}{P_Q}$	a [mm]	W [mm]	B [mm]	σ_{sy} [Mpa]	F	KQ [Mpa.m ^{1/2}]	Bp [mm]	0,6KQ [Mpa.m ^{1/2}]	N	ΔKI
T1	28,3	37,75	1,33	24,16	48	24	363	9,76	52,53	0,0001	31,52	862	159,56
T2					48	24	363		0,00	0,0000	0,00	0	
T3					48	24	363	9,76	0,00	0,0000	0,00	0	
T4	29	36,25	1,25	21,16	42	21	363	9,77	65,86	0,0001	39,52	35930	44,03
T5	30	31	1,03	21,85	42	21	363	10,29	71,75	0,0001	43,05	32310	46,11
T6	42	44,75	1,07	24,67	48	24	363	10,09	80,59	0,0001	48,36	41710	44,09
T7	40	43,75	1,09	24,21	48	24	363	9,79	74,49	0,0001	44,69	40830	44,13
T8	42	45	1,07	24,42	48	24	363	9,92	79,26	0,0001	47,56	39560	44,72

Fuente: Anexo J

Los resultados KQ de las probetas T1-T5, no satisfacen los requerimientos que exige la Norma ASTM E399, indicados en el capítulo 2, ecuaciones 2.20, 2.21 y 2.22.

Los valores de KQ de las probetas T6-T8, son reconocidos como valores K_{Ic} , la probeta T5 podría ser válido según la norma, pero por la condición 2.22 que es teórica no se la considera y la razón de esto es el bajo número de ciclos para su pre-agrietamiento.

Tabla 5.4 Tenacidad a la fractura K_{Ic} acero AISI 1045

Probeta	KQ [Mpa.m ^{1/2}]	K_{Ic} [Mpa.m ^{1/2}]
T6	80,59	78,11
T7	74,49	
T8	79,26	

5.1.2.1 Aplicación de KIC

Calcular la fuerza máxima que puede resistir el gancho de la Figura 5.3 si es fabricado a partir de una plancha de acero AISI 1045 de 12 mm de espesor.

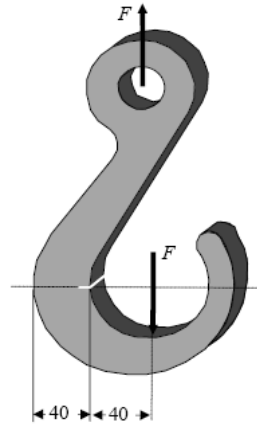


Figura 5.3 Ejercicio de aplicación

$$\sigma_{y_{max}} := 363 \quad \text{Mpa}$$

$$B := 40 \quad \text{mm}$$

$$e := 12 \quad \text{mm}$$

$$\sigma_y = \frac{My}{I} + \frac{F}{A}$$

$$\sigma_y = \frac{\left(40 + \frac{B}{2}\right) F \cdot y}{\frac{1}{12} B^3 e} + \frac{F}{B \cdot e}$$

$$F := \frac{\sigma_y}{\left[\frac{\left(40 + \frac{B}{2}\right) \cdot \frac{B}{2}}{\frac{1}{12} \cdot B^3 \cdot e} + \frac{1}{B \cdot e} \right]} \cdot 1000$$

$$F = 17.424 \quad \text{KN}$$

Si se tiene la presencia de una grieta de 1mm de longitud determine la fuerza que puede soportar el gancho.

Debido al esfuerzo normal

$$K_{In} = 1.12 \sigma_n \sqrt{\pi a} \sqrt{\sec \frac{\pi a}{2B}}$$

$$K_{In} = 1.12 \frac{F}{B \cdot e} \sqrt{\pi a} \sqrt{\sec \frac{\pi a}{2B}}$$

Debido a la flexión

$$K_{IF} = \frac{6 \cdot M \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}{B^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot B}{\pi \cdot a} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)} \cdot \frac{0.923 + 0.199 \cdot \left(1 - \operatorname{sen}\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)\right)^4}{\cos\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)}$$

$$K_{IF} = \frac{6 \cdot \left(40 + \frac{B}{2}\right) F \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}{B^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot B}{\pi \cdot a} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)} \cdot \frac{0.923 + 0.199 \cdot \left(1 - \operatorname{sen}\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)\right)^4}{\cos\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)}$$

$$K_{IC} = K_{In} + K_{IF}$$

$$F = \frac{K_{IC}}{1.12 \frac{1}{B \cdot e} \sqrt{\pi a} \sqrt{\sec \frac{\pi a}{2B}} + \frac{6 \cdot \left(40 + \frac{B}{2}\right) \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}{B^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot B}{\pi \cdot a} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)} \cdot \frac{0.923 + 0.199 \cdot \left(1 - \operatorname{sen}\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)\right)^4}{\cos\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)}}$$

$$K_{IC} := 78.11 \quad \text{Mpa} \cdot \text{m}^{1/2}$$

$$B := \frac{40}{1000} \quad \text{m}$$

$$e := \frac{12}{1000} \quad \text{m}$$

$$a := \frac{1}{1000} \quad \text{m}$$

$$F := \frac{K_{IC} \cdot 1000}{\frac{1.12}{B \cdot e} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \cdot \sqrt{\sec\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)} + \frac{6 \cdot \left(40 + \frac{B}{2}\right) \cdot \sqrt{\pi \cdot a}}{B^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot B}{\pi \cdot a} \cdot \tan\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)} \cdot \frac{0.923 + 0.199 \cdot \left(1 - \sin\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)\right)^4}{\cos\left(\frac{\pi \cdot a}{2 \cdot B}\right)}}$$

$$F = 8.372 \quad \text{KN}$$

Debido a la presencia de la grieta se observa que la fuerza que puede resistir el gancho disminuye casi a la mitad, por lo que se debería usar máximo una fuerza de 8.37KN.

5.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS METALOGRÁFICAS ENTRE ACEROS ESTRUCTURALES ASTM A-36 Y GRADO MAQUINARIA AISI 1045

5.2.1 FOTOS MACROGRÁFICAS

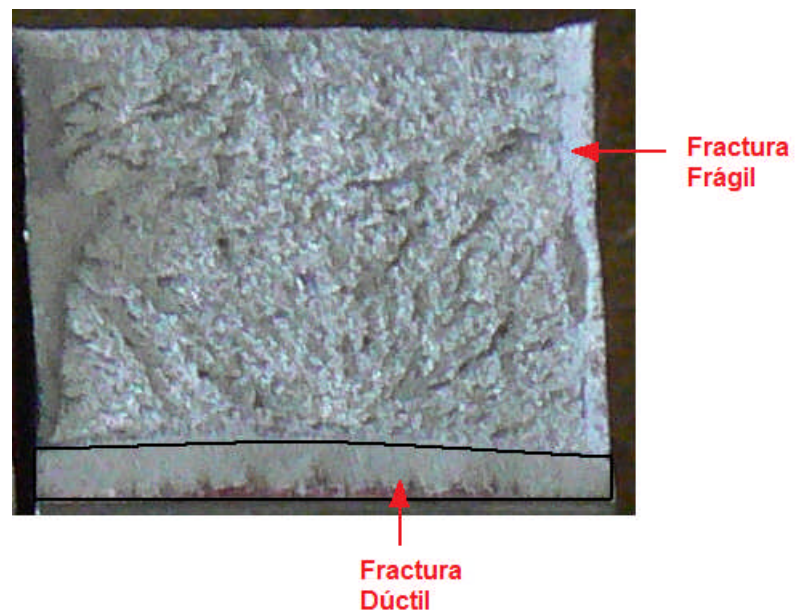


Figura 5.4 Superficies de fractura acero AISI 1045.

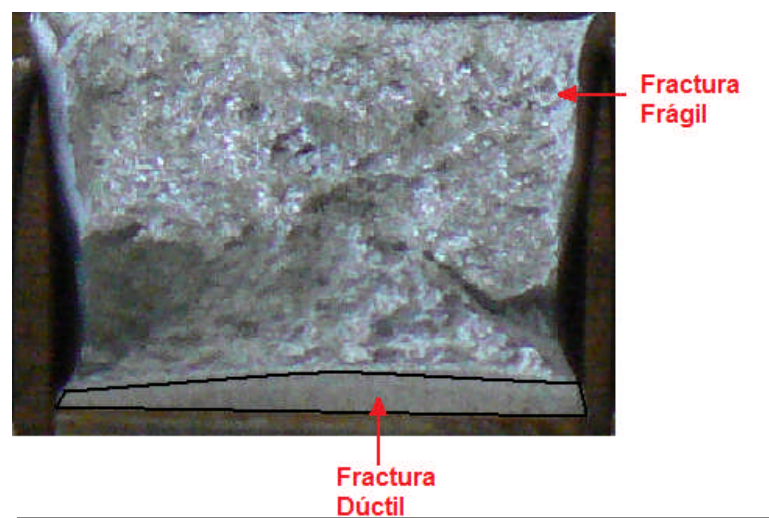


Figura 5.5 Superficies de fractura acero ASTM A-36.

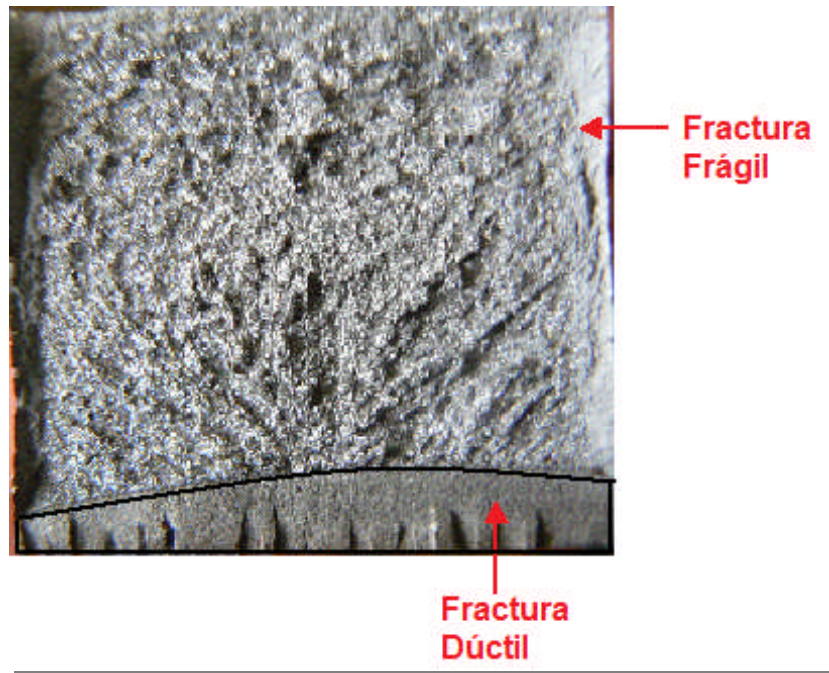


Figura 5.6 Superficie de fractura acero ASTM A 36 a bajas temperaturas.

Se puede observar en las fotografías de las Figuras 5.1 y 5.2 la diferencia entre las superficie de fractura frágil y fractura dúctil para ambos tipos de aceros.

También se puede observar la forma elíptica que tiene el crecimiento de la grieta.

La superficie de fractura frágil del acero AISI 1045 y ASTM A 36 a bajas temperaturas es plana, ya que la fractura se produce a 0° , por otro lado la misma superficie en el probeta de acero ASTM A 36 es irregular ya que existe deformación previa a la rotura de la probeta.