

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL HAEDO**

LUGAR:  
BUENOS AIRES

FECHA: 20/02/2022

INFORME:  
INF 001/22

CANTIDAD HOJAS

Texto: 42 Anexos = 5

## ESPECIALIZACIÓN DISEÑO DE RECIPIENTES CONTENEDORES DE PRESIÓN

### TÍTULO

VERIFICACION DE LA INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DE LA UNION DEL CUERNO DE LA CUNA Y EL CUERPO CILINDRICO DE UN RECIPIENTE DE GAS LICUADO  
CODIGO ASME SECCION VIII DIVISION 1

### AUTOR

FRONCIANI DAMIAN LEONARDO

### INDICE

- 1.- Objetivo
- 2.- Introducción
- 3.- Datos generales necesarios para el cálculo
  - Dimensiones
  - Estados de Carga
  - Tensiones Admisibles
  - Otros necesarios que entienda incorporar
- 4.- Procedimiento de cálculo y resultados – Método de Zick
- 5.- Procedimiento de cálculo y resultados – Método de Ong
  - Cuna Elástica
  - Cuna Rígida
- 6.- Procedimiento de cálculo y resultados – Método de Elementos Finitos
  - Cuna Elástica
  - Cuna Rígida
- 7.- Comparación de resultados de los tres procedimientos
- 8.- Procedimiento de Soldadura
- 9.- Evaluación de una fisura
- 10.- Conclusiones finales
- 11.- Figuras
- 12.- Anexos
- 13.- Referencias

Observaciones

Revisión

Fecha

Nota

Para aprobación

B

20/02/2022

## 1.- Objetivo

El trabajo consiste en calcular la tensión circunferencial en los cuernos de la cuna sobre el cuerpo cilíndrico aplicando el método clásico de Zick y compararlo con la propuesta del investigador L.S. Ong considerando para el estudio las cargas de peso propio y peso del producto o presión hidrostática.

El objetivo del trabajo es comparar estos dos procedimientos para verificar el tema del sub-dimensionamiento que tiene el método clásico de Zick en ese tipo de tensión salvo que incrementemos la placa de desgaste o aumentemos el ángulo de contacto. El estudio se amplía utilizando "Técnicas de Evaluación Avanzada" a través del Método de Elementos Finitos.

Los principales resultados del estado tensional obtenido por la Simulación Computacional, que se produce en la unión del recipiente con los extremos de las cunas (cuernos), se comparan con los obtenidos con la propuesta desarrollada por el Investigador y el método de Zick.

## 2.- Introducción

Se han detectado fallas estructurales en los recipientes horizontales contenedores de presión, en la zona ubicada en los extremos de los cuernos de las cunas, después de la placa de desgaste, sobre las paredes del recipiente.

Esta situación de falla ha sido detectada en equipos nuevos, producida durante la prueba de presión, como en aquellos que se encuentran en servicio, en donde el grado de degradación o disminución de espesores por corrosión, han debilitado dicha zona.

En este trabajo se presentan los principales resultados del estado tensional obtenido a través del planteo de un Modelo Computacional por Elementos Finitos, comparados con los obtenidos con otros métodos de aplicación ingenieril.

La falla mencionada, consecuencia de la discontinuidad estructural entre el apoyo y recipiente, se presenta con mayor posibilidad en aquellos equipos con más de dos metros de diámetro. En la Figura 1 se presenta una fotografía de un recipiente horizontal típico, y en la Figura 2, un esquema general, indicando la ubicación de la falla.



Figura 1. Recipiente Contenedor de Presión Horizontal

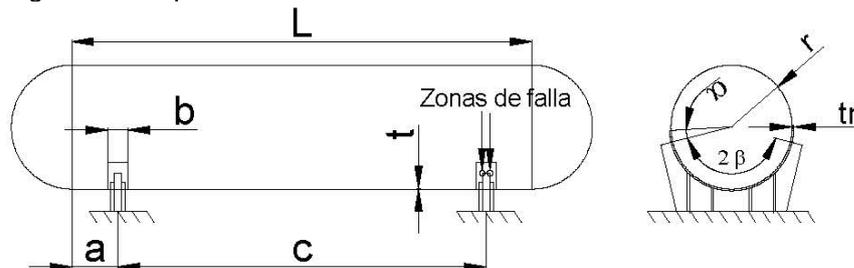


Figura 2. Recipiente horizontal, Identificación de la zona de falla

En la etapa de diseño, las tensiones generadas en dicha unión, los cuernos de la cuna y sobre el recipiente, son determinadas a partir del método de Zick (1951).

A partir de la detección de este tipo de falla, investigaciones se han dedicado a encontrar, a través de resultados experimentales, la causa estructural que conlleva a dicha situación.

Uno de los primeros estudios fue realizado por L.S.Ong, en donde desarrollando un procedimiento analítico, considerando las diferentes variables geométricas y dimensionales que intervienen en el diseño del componente, determinó que las tensiones circunferenciales calculadas por el Método de Zick y que se desarrollan en los bordes de las cunas, son subestimadas dependiendo que el sistema de soportación, sea flexible ó rígido. Es decir que las tensiones circunferenciales obtenidas por el método de Zick en los bordes de la cuna, conducen a valores menores que los reales, lo cual invalidaría la metodología utilizada.

Es decir, que el resultado del estado tensional obtenido durante el diseño debe incrementarse en un factor a determinar, disminuyendo el margen de seguridad del equipo con la probabilidad de plastificación.

A partir de los resultados obtenidos y considerando las consecuencias que ocasiona esta falla, se requiere de la verificación del componente utilizando estudios más rigurosos.

El objetivo principal de este trabajo consiste en la realización de un análisis representativo y detallado, ampliando el estudio realizado por dicho investigador, utilizando "Técnicas de Evaluación Avanzada" a través del Método de Elementos Finitos.

Los principales resultados del estado tensional obtenido por la Simulación Computacional, que se produce en la unión del recipiente con los extremos de las cunas (cuernos), se comparan con los obtenidos con el Método desarrollado por el Investigador y el de Zick.

### 3.- Datos generales necesarios para el cálculo

- Dimensiones  
Ø ext – Diámetro exterior del equipo = 342,58 cm  
Ø int – Diámetro interior del equipo = 337,5 cm  
ts – Espesor envuelta = 2,54 cm  
th – Espesor cabezales = 1,58 cm  
Rm – Radio medio =  $(\text{Ø int}/2) + (\text{ts}/2) = 171 \text{ cm}$   
LT – Longitud entre tangentes = 2.346 cm  
a - Distancia entre la línea de tangencia y el centro de la cuna = 330 cm  
b – Ancho de las cartelas de la cuna = 38 cm  
b1 – Ancho de la placa de desgaste = 70 cm  
c – Distancia entre cunas = 1.686 cm  
Φ - Angulo de contacto entre la cuna y el recipiente = 145,6°  
H – Altura del cabezal =  $\text{Ø ext} / 2 = 171,3 \text{ cm}$   
B – Altura entre la placa base y el centro del recipiente = 205 cm
- Estados de Carga, se adopta para el análisis el peso propio del recipiente (sin considerar el peso de las cunas) , peso del líquido interior con densidad relativa correspondiente al agua, a partir de una distribución hidrostática. Con estos datos, calculamos la fuerza de reacción en la cuna denominada Q.  
Q - Reacción de vínculo en la cuna = 146.951,4 Kgf
- Tensiones Admisibles  
Material envolvente y cabezales : SA - 516 Gr. 70  
Sy = 38.000 psi = 262 MPa (N/mm<sup>2</sup>) (tensión de fluencia)  
Sr = 70.000 psi = 482,632 MPa (N/mm<sup>2</sup>) (tensión de rotura)  
Sm (tensión admisible) el menor valor de [ (2/3) Sy ; (1/3,5) Sr ]  
(2/3) Sy = (2/3) 38.000 psi = 25.333,3 psi = 1.781,1 Kg/cm<sup>2</sup>  
(1/3,5) Sr = (1/3,5) 70.000 psi = 20.000 psi = 1.406 Kg/cm<sup>2</sup>  
Adoptamos Sm = 1.406 Kg/cm<sup>2</sup> = 20.000 psi (tensión admisible)
- Recipiente de Almacenamiento de GLP  
Capacidad = 227 m<sup>3</sup>

U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 1 de 4
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Método de Zick	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0

Título : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico

4.- Procedimiento de cálculo y resultados – Método de Zick

Materiales

Material envolvente y cabezales : SA - 516 Gr. 70

S m = Tensión adm.del SA - 516 Gr 70 @ T dis = 1406 Kgf / cm<sup>2</sup> = 19976 psi  
D ext = Diámetro exterior del equipo = 342,58 cm = 134,87 pulg

1) Envolvente

ts = Espesor envuelta adoptado = 2,540 cm

D i = Diámetro interior de la envolvente = D ext - 2 \* ta = 337,5 cm

R = Radio medio = 171,0 cm

L = Longitud entre tangentes = 2346,0 cm

2) Cabezales

Tipo : Semiesférico

th = Espesor adoptado = 1,580 cm

D i = Diámetro interior del cabezal = D ext - 2 \* ta = 339,4 cm

3) Calculo de peso equipo nuevo y vacio

Elemento	Peso
Cabezal izquierdo	2265
Envolvente	55467
Cabezal derecho	2265
Accesorios, soldaduras, etc.	3553,2
<u>Peso total equipo nuevo, vacio sin, cunas</u>	63551,09 Kgf

4) Peso equipo nuevo y lleno de agua.

Volumen y peso de agua

V 1 = Volumen cabezales (2) = 0,2618 \* Di<sup>3</sup> = 20,474 m<sup>3</sup>

V 2 = Volumen cilindro = Pi/4 \* D i<sup>2</sup> \* L t = 209,877 m<sup>3</sup>

V t = V 1 + V 2 = 230,352 m<sup>3</sup>

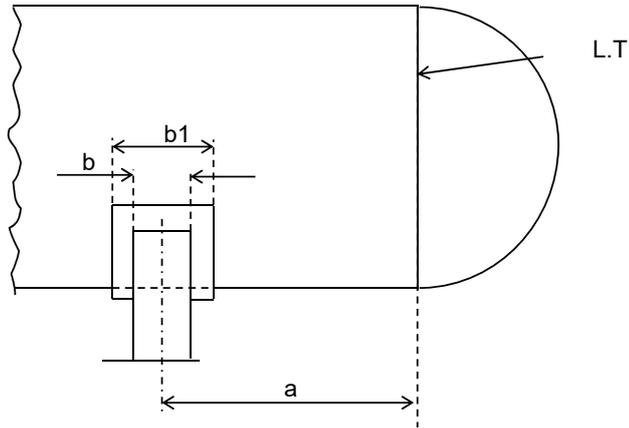
W a = Peso de agua = 230351,7 Kgf

Peso del equipo nuevo sin cunas y lleno de agua 293903 Kgf

U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 2 de 4
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Método de Zick	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0
Titulo : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico		

276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330

5) Verificación de tensiones por el método de Zick.



a adop = 3300

5-1) Equipo nuevo y lleno de agua.

Se consideran cargas correspondientes a equipo nuevo y lleno de agua

Q = Carga en una cuna	146951,4	Kgf
R = Radio =	171,0	cm
L = Longitud entre tangentes =	2346,0	cm
a = Distancia entre la línea de tangencia y el centro de la cuna.		
a max = $0,2 * L t$ =	469,2	cm
a = Valor adoptado	330,0	cm
H = Altura cabezal = $D ext / 2$	171,3	cm
Tita = Angulo de contacto de la cuna =	145,6	grados
ts = Espesor de la envolvente =	2,540	cm
th = Espesor del cabezal =	1,580	cm



U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 4 de 4
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Método de Zick	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0

Titulo : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico

551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605

2 - El ángulo de contacto mínimo  $Tita\ 1 \geq Tita + 12^\circ$

$$\left. \begin{array}{l} Tita = 145,6^\circ \\ Tita\ 1 = 151,4^\circ \end{array} \right\}$$

No cumple con la condición anterior, por lo tanto no podemos considerar el aporte de la placa de desgaste en el cálculo de la tensión circunferencial S4

Considerando unicamente la envolvente :

b = Ancho de las cartelas de la cuna =	38,0	cm
t1 = Espesor envolvente =	2,540	cm
t2 = Espesor de la placa de desgaste =	0,000	cm
t = t1 + t2 =	2,540	cm
t^2 = t1^2 + t2^2 =	6,452	cm^2

La tensión circunferencial sobre el recipiente, en el borde de los cuernos de la cuna, es la siguiente:

S 4 adm. = Tensión admisible = 1.5 \* tensión admisible del material = 2109 Kgf/cm^2

S' 4 = -1367 Kgf/cm^2

S 4adm = 2109 Kgf/cm^2 > S 4c = -1367 Kgf/cm^2 Verifica

U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 1 de 6
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Metodología propuesta por L.S.Ong	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0

Titulo : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico

1  
2 5.- Procedimiento de cálculo y resultados – Método de Ong

3  
4 La tensión máxima en un recipiente de almacenamiento cilíndrico horizontal soportado por cunas es a menudo  
5 la tensión circunferencial desarrollada en los cuernos del soporte, simplemente debido a una discontinuidad  
6 estructural entre la envuelta y la cuna.

7 A pesar de que la tensión máxima en los cuernos de la cuna, no es inmediatamente perjudicial para la integridad  
8 estructural del recipiente, tendría un efecto a largo plazo en la vida útil del equipo debido a las cargas cíclicas.  
9 Los detalles geométricos de la cuna, el ángulo de contacto, el ancho, las dimensiones de la placa de desgaste,  
10 los espesores de la envuelta, etc. son factores importantes que influyen en la magnitud de la tensión.

11  
12 La ecuación paramétrica proporcionada por el investigador Ong está acompañada por cuatro gráficos que  
13 proporcionan valores para una variación geométrica del problema e incluye un factor de reducción de tensión  
14 debido al aporte de la placa de desgaste.

15  
16 Las curvas también se pueden utilizar como un conjunto de curvas de diseño para especificar las dimensiones  
17 de las mismas. Los detalles geométricos de las cunas, el ángulo de abrace, las dimensiones de la placa de  
18 desgaste son todos factores importantes que influyen en la magnitud de la tensión circunferencial sobre el  
19 recipiente en estudio. Por lo tanto, para generar gráficos de diseño y datos, todas estas variables geométricas  
20 deben ser tomadas en consideración especialmente cuando los resultados están destinados a ser útiles para  
21 diseño.

22  
23  
24 Metodología propuesta por L.S.Ong

25  
26 Las ecuaciones paramétricas propuestas por L.S.Ong, para determinar la tensión circunferencial máxima  
27 en el cuerno de la cuna y sobre el recipiente, es la siguiente:

28  
29  
30  
31 
$$\sigma_c = K_a K_b K_c K_s \frac{Q}{t^2} \sqrt{\frac{t}{r}}$$

32  
33  
34  
35 donde Q es la reacción en el soporte, producto del peso propio y del líquido, mientras que los factores  
36 restantes, se obtienen de gráficos paramétricos, siendo:

37  
38  
39 Ka Factor geométrico obtenido en gráficos función de  $\alpha_a = \frac{a}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}$

40  
41  
42 Kb Factor geométrico obtenido en gráficos función de  $\alpha_b = \frac{b}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}$

43  
44  
45  
46  
47 Kc Factor geométrico obtenido en gráficos función de  $\alpha_c = \frac{c}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}$

U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 2 de 6
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Metodología propuesta por L.S.Ong	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0
Titulo : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilindrico		

276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330

Ks Factor de reducción debido a la extensión de la placa de desgaste a partir de la relación en gráficos

función de 
$$\alpha_s = \alpha_b^{1/3} \left( \frac{t_r}{t} \right)$$

La placa de desgaste actúa como un refuerzo local para disminuir la tensión desarrollada en el cuerno de la cuna.

1) Equipo nuevo y lleno de agua.

Se consideran cargas correspondientes a equipo nuevo y lleno de agua

Q = Carga en una cuna	146951,4	Kgf
r = Radio =	171,0	cm
t = Espesor de la envolvente =	2,540	cm
tr = Espesor de la placa de desgaste =	2,000	cm
a = Distancia entre la línea de tangencia y el centro de la cuna =	330,0	cm
b = Ancho de la placa de desgaste =	70,8	cm
c = Valor adoptado = LT - 2a =	1686,0	cm
2β = angulo de contacto = Tita	145,6	grados

$$\alpha_a = \frac{a}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}$$

α a = 0,235

U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 3 de 6
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Metodología propuesta por L.S.Ong	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0

Título : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico

496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550

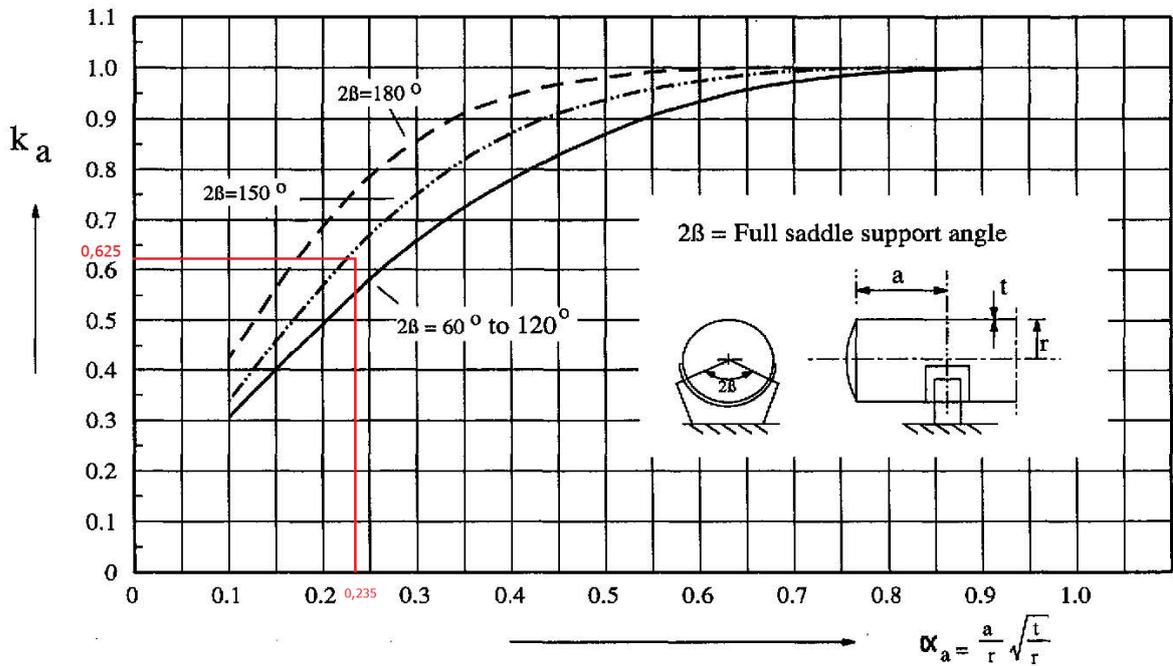


Fig. 1 Support location factor

$k_a = 0,625$

$\alpha_b = \frac{b}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}$

$\alpha_b = 0,050$

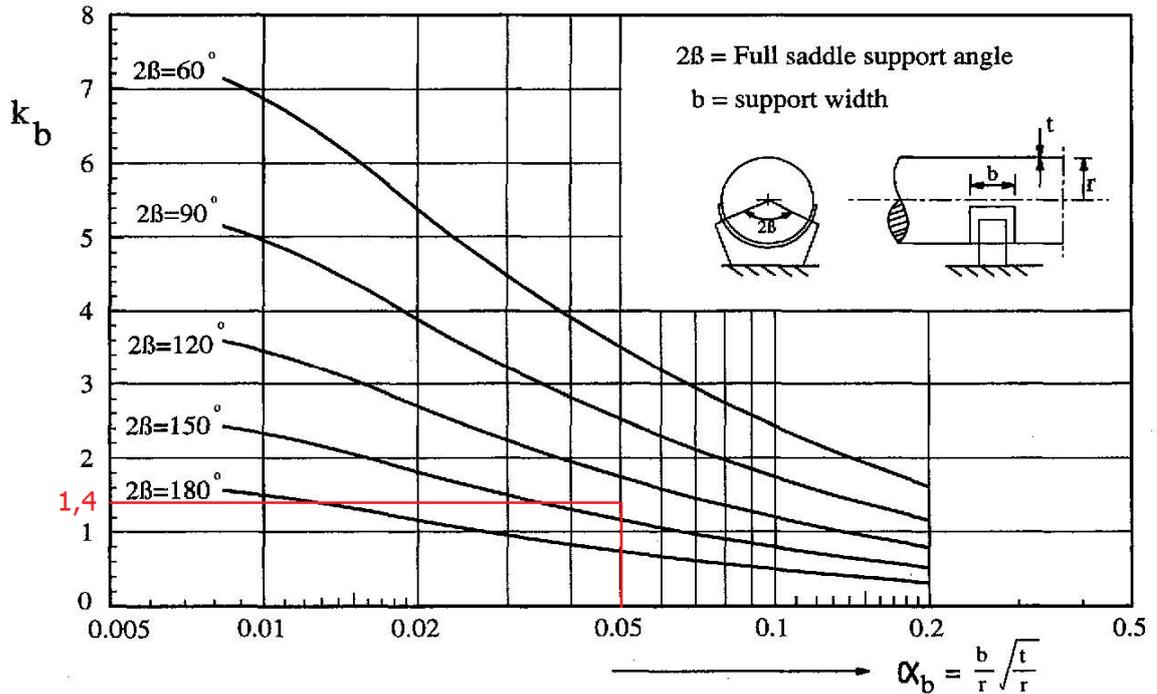


Fig. 2 Support width factor

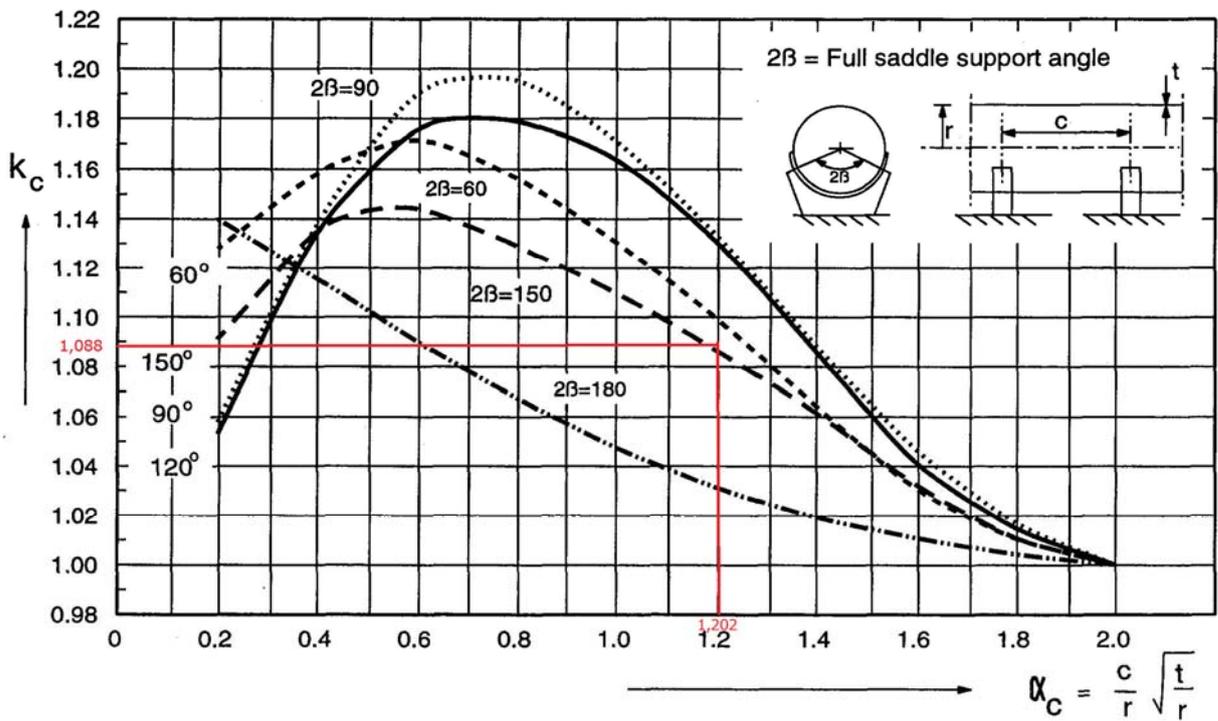
U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 4 de 6
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Metodología propuesta por L.S.Ong	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0

Título : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico

551  
552  $k_b = 1,400$   
553  
554

555 
$$\alpha_c = \frac{c}{r} \sqrt{\frac{t}{r}}$$
  
556  
557

558  
559  $\alpha_c = 1,202$   
560



588  $k_c = 1,088$   
589  
590

591 2) Cuna Elástica

592  $\alpha = (Tita 1 - 2\beta) / 2$   
593  
594

595  
596  $\alpha = 2,89$  (extensión angular)  
597

598  
599 
$$\alpha_s = \alpha_b^{1/3} \left( \frac{t_r}{t} \right)$$
  
600  
601

602  
603  $\alpha_s = 0,291$   
604  
605

U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 5 de 6
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Metodología propuesta por L.S.Ong	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0

Título : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico

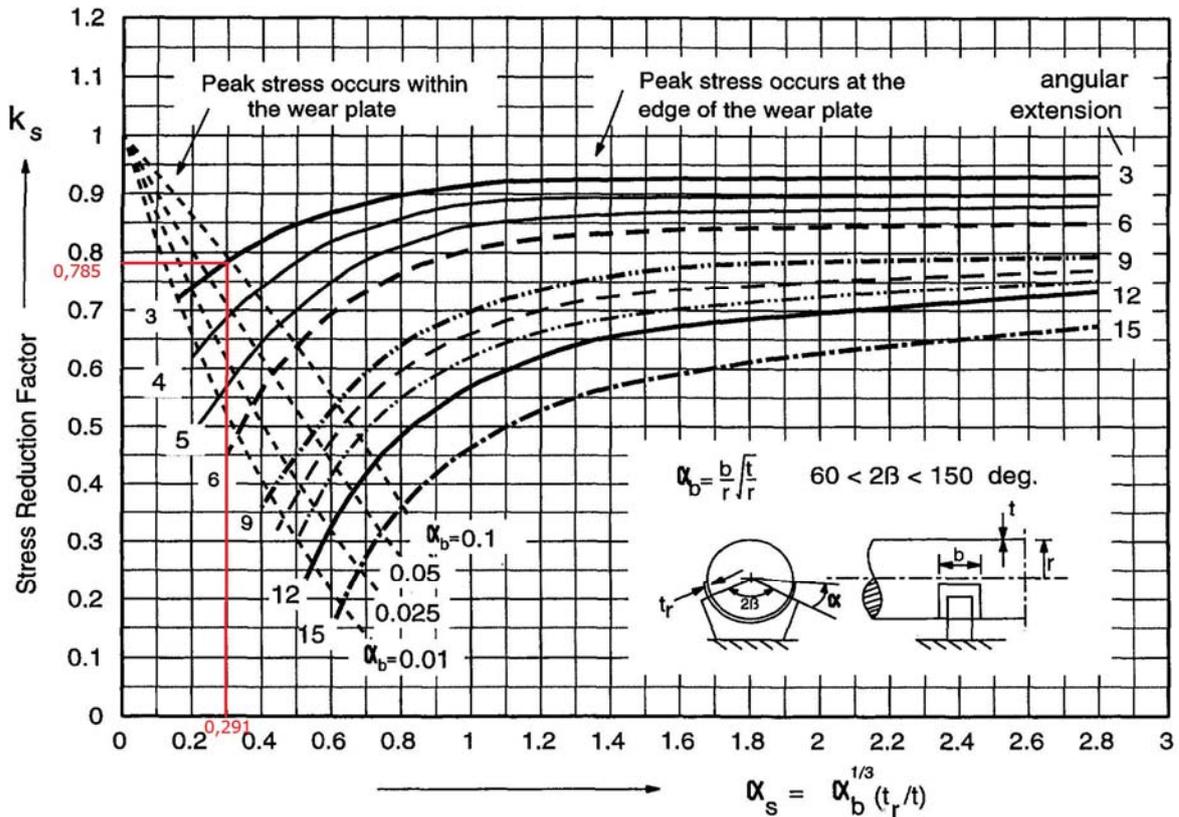


Fig. 4 Stress reduction factor at the wear plate

De la Figura 4, obtenemos el valor  $k_s$  denominado factor de reducción debido a la extensión de la placa de desgaste

$$k_s = 0,785$$

Determinamos la tensión circunferencial máxima en el cuerno de la cuna y sobre el recipiente para una condición de cuna elástica

$$\sigma_c = K_a K_b K_c K_s \frac{Q}{t^2} \sqrt{\frac{t}{r}}$$

$$\sigma_c = \frac{2074,7 \text{ Kgf}}{\text{cm}^2} < S_{4adm} = 2109 \text{ Kgf/cm}^2 \text{ Verifica}$$

U.T.N Facultad Regional Haedo	Fecha : febrero 20, 2022	Hoja 6 de 6
Recipientes Contenedores de Presión	Realizó : Damián Fronciani	Documento N° REC-LPG-001
Metodología propuesta por L.S.Ong	Equipo : Recipiente Gas Licuado	Rev. : 0

Titulo : Verificación de la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico

3) Cuna Rígida

Asumiendo que el soporte es rígido, obtenemos como  $\alpha_s = 0$  y  $k_s = 1$

Determinamos la tensión circunferencial máxima en el cuerno de la cuna y sobre el recipiente para una condición de cuna rígida

$$\sigma_c = K_a K_b K_c K_s \frac{Q}{t^2} \sqrt{\frac{t}{r}}$$

$$\sigma_c = 2642,9 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} > S_{4\text{adm}} = 2109 \text{ Kgf/cm}^2 \text{ No Verifica}$$

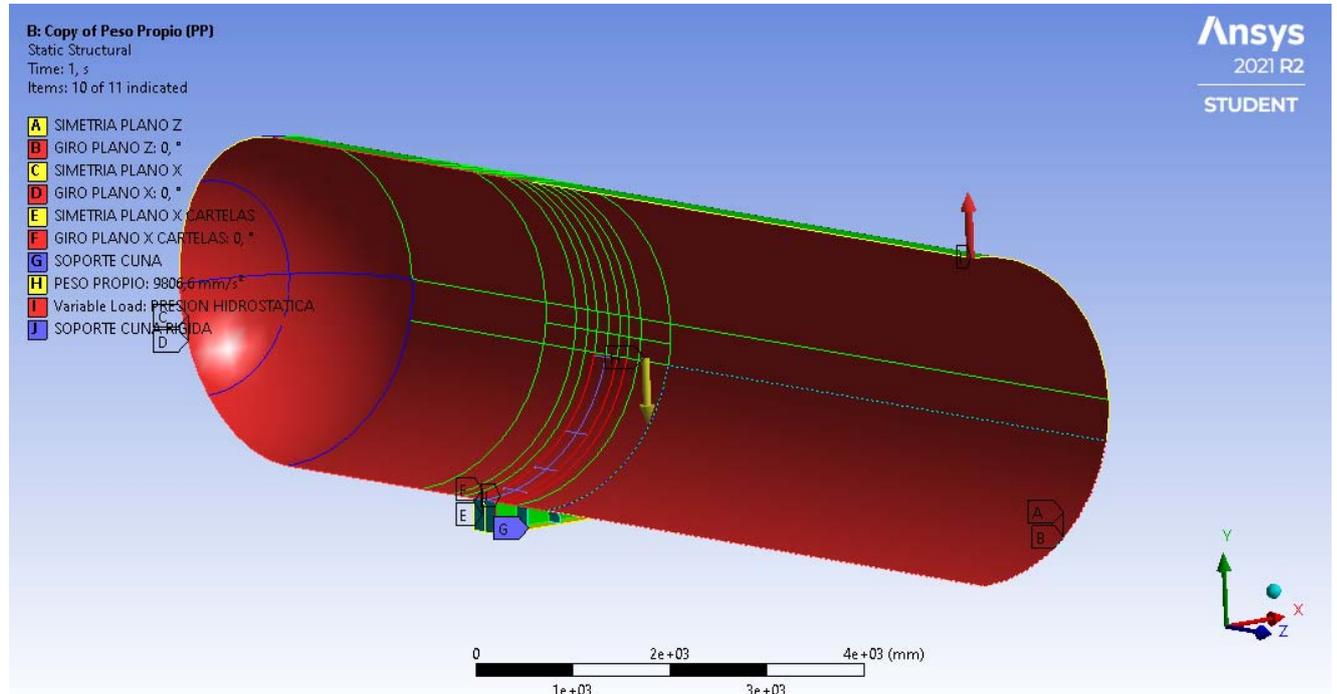
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605

## 6.- Procedimiento de cálculo y resultados – Método de Elementos Finitos

- Cuna Elástica

En un recipiente horizontal cilíndrico, la tensión circunferencial máxima ocurre en los cuernos de la cuna, simplemente debido a la discontinuidad estructural entre el cuerpo cilíndrico y el soporte.

Debido a la simetría geométrica y de cargas se modela  $\frac{1}{4}$  del recipiente, el cual quedó conformado por aproximadamente 39.805 elementos.



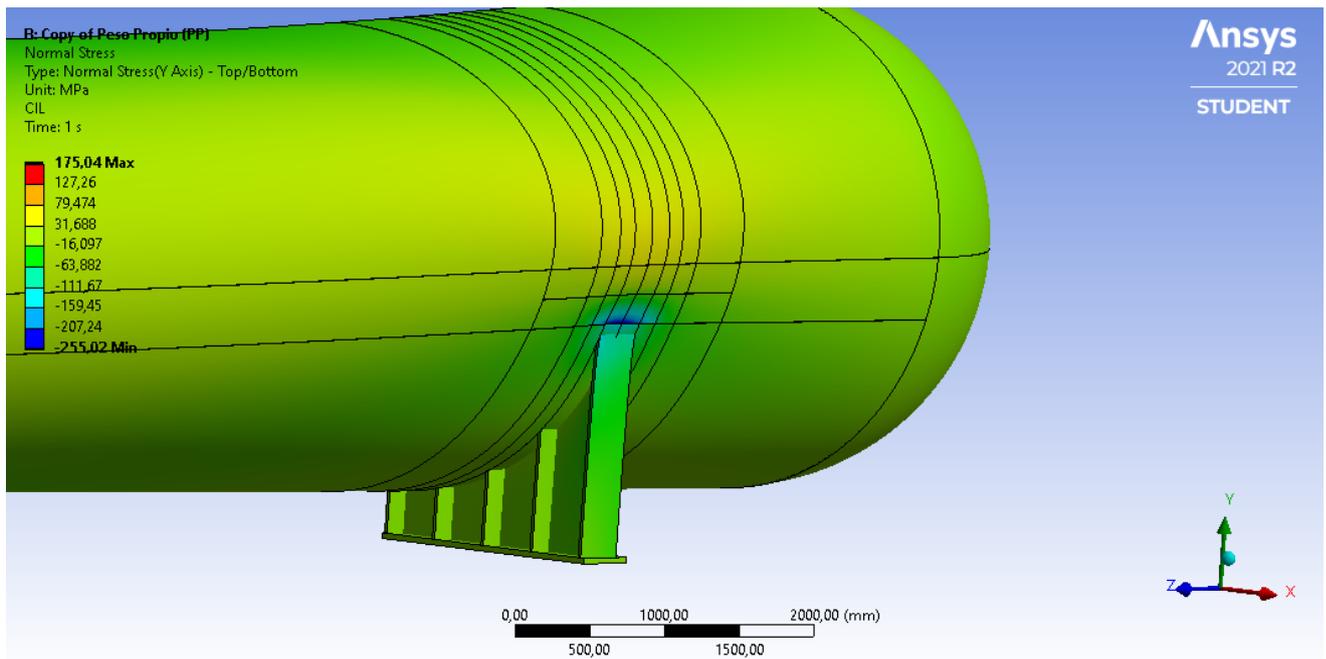
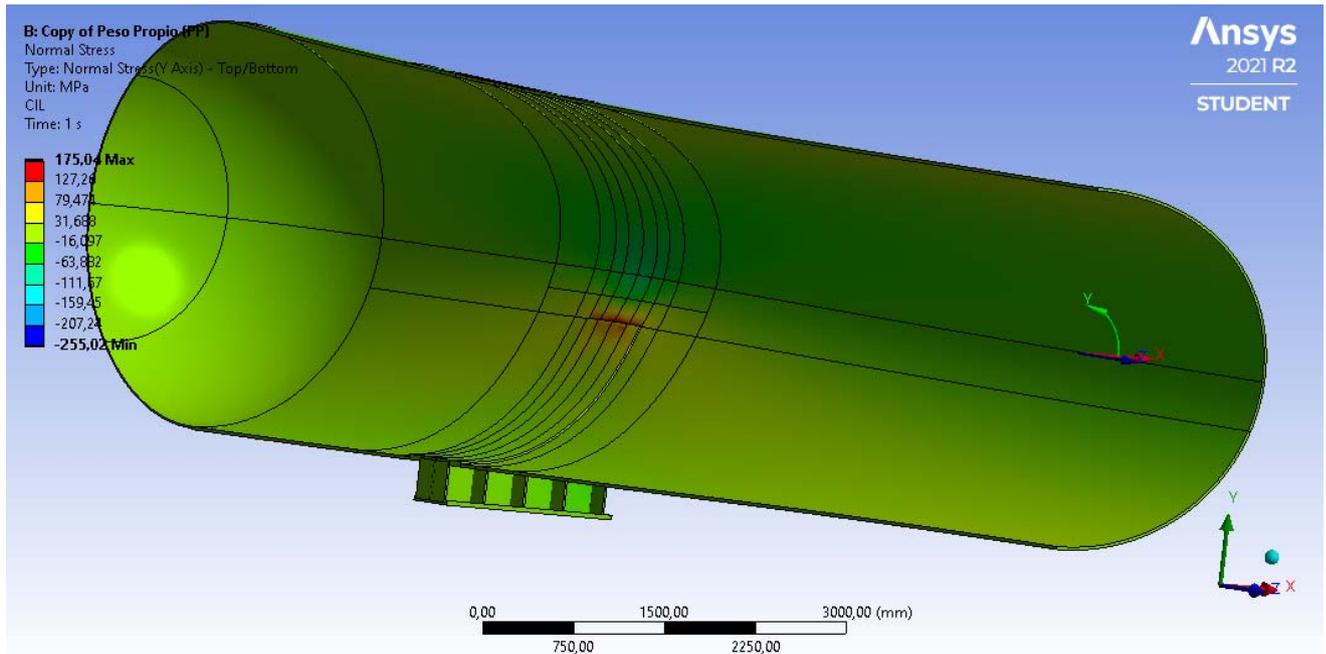
En el plano de corte XY, en la mitad del equipo transversal al mismo, decimos que todos los nodos que están en ese plano van a tener condición de borde de simetría con respecto al plano XY. Entonces seleccionamos geometrías y el programa lo traslada a todos los nodos que están en esa geometría. Las condiciones de bordes a imponer son  $U_z = 0$ , es decir que todos los corrimientos en Z tienen que ser cero que son los corrimientos normales al plano. La otra condición de borde a imponer en esta condición de borde de simetría es restringir los giros en X e Y, es decir  $\theta_x = \theta_y = 0$  que son los giros complementarios.

En el plano YZ, decimos que todos los nodos que están en ese plano van a tener condición de borde de simetría con respecto al plano YZ. Entonces seleccionamos geometrías y el programa lo traslada a todos los nodos que están en esa geometría. Las condiciones de bordes a imponer son  $U_x = 0$ , es decir que todos los corrimientos en X tienen que ser cero que son los corrimientos normales al plano. La otra condición de borde a imponer en esta condición de borde de simetría es restringir los giros en Y e Z, es decir  $\theta_y = \theta_z = 0$  que son los giros complementarios.

En lo que respecta a las condiciones de bordes de simetría impuestas a la cartela intermedia son  $U_x = 0$ , es decir que todos los corrimientos en X tienen que ser cero que son los corrimientos normales al plano. La otra condición de borde a imponer en esta condición de borde de simetría es restringir los giros en Y e Z, es decir  $\theta_y = \theta_z = 0$  que son los giros complementarios.

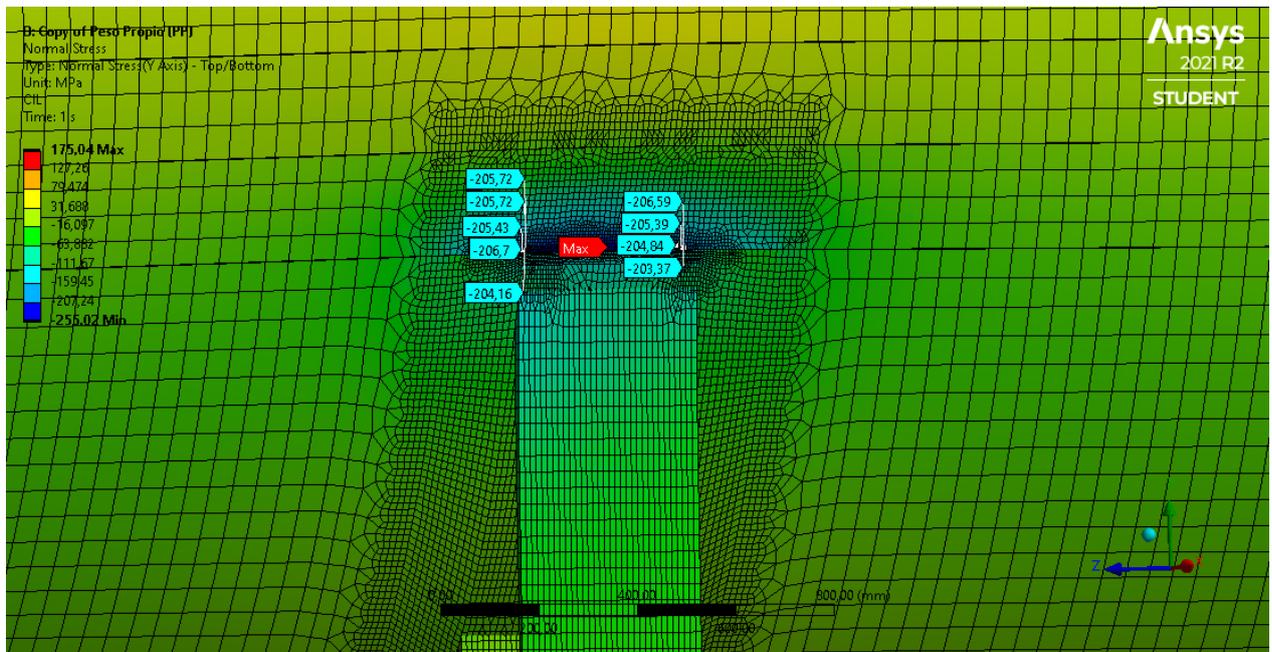
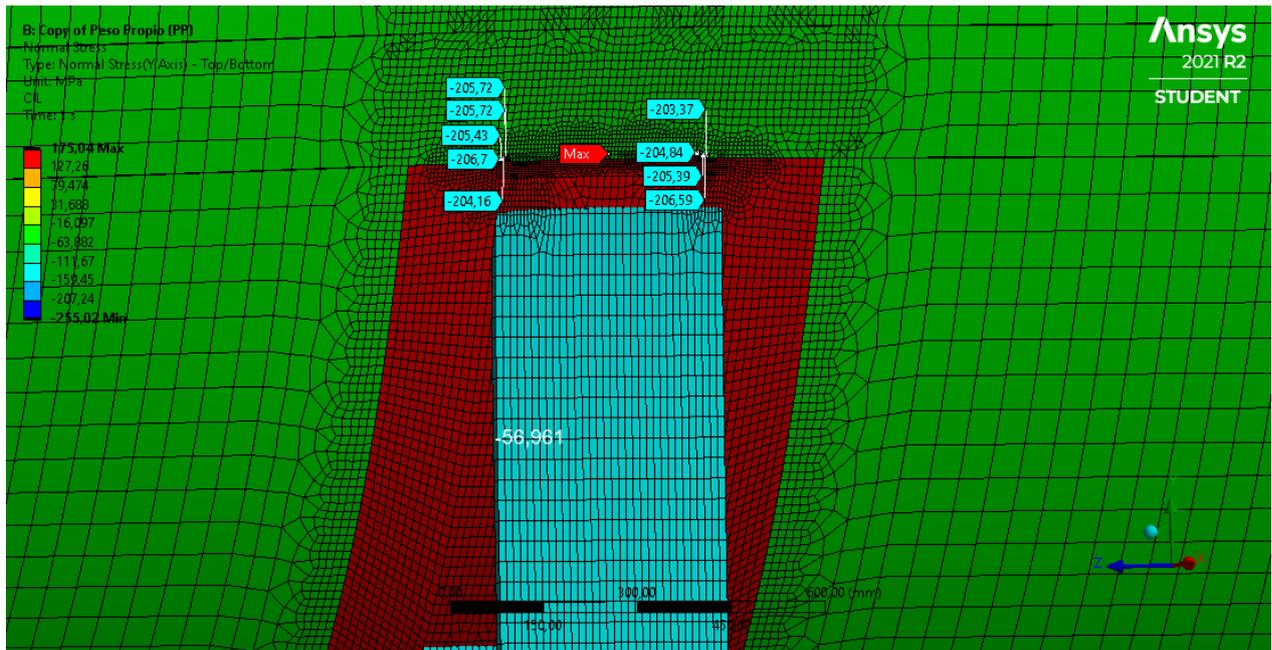
La condición de borde estructural general de la cuna, que corresponde a un empotramiento de la misma, es decir  $U_x = U_y = U_z = \theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$  en el cual restringimos los seis grados de libertad.

Luego aplicamos las cargas que vamos a utilizar para nuestro análisis, que son el peso propio del equipo y la fuerza debido a la presión hidrostática del recipiente lleno de agua.



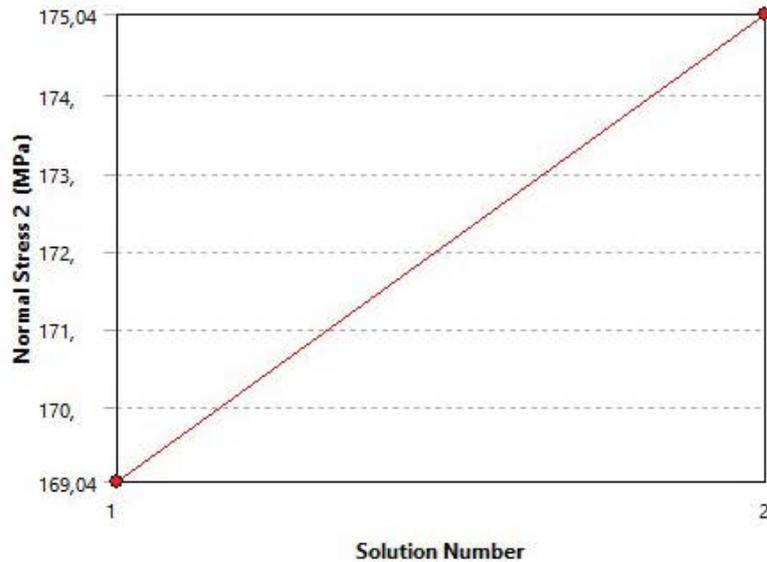
En el programa insertamos la función Face Meshing y lo aplicamos a todo el modelo con elementos cuadriláteros en donde visualizamos que se ordena el mallado en el momento que lo actualizamos.

A continuación se observan para las dos condiciones de soportación del equipo, las tensiones circunferenciales responsables de generar fallas estructurales en los recipientes horizontales contenedores de presión, en la zona ubicada en los extremos de los cuernos de las cunas, después de la placa de desgaste, sobre las paredes del recipiente.



Se densificó la zona cercana a la cuna con la finalidad de obtener resultados más detallados, dado que allí se producen grandes gradientes de tensión por los efectos de flexión, es decir como el objeto de nuestro estudio es la tensión circunferencial en los cuernos de la cuna sobre el recipiente, aplicamos un refinamiento en la zona de unión entre la cartela exterior o mayor y la placa de desgaste para analizar la zona en donde se produce la flexión producto de la cuña ejercida por la cuna en la envolvente incrementada por la discontinuidad estructural entre el cuerpo cilíndrico y el soporte. Asegurando la función convergencia de la malla con un margen de diferencia de 5% entre dos corridas sucesivas, aplicamos la operación de mallado con elementos cuadriláteros con un tamaño de 50 mm con un total de 39.468 nodos y 39.805 elementos.

Cuando aplicamos la función convergencia en la zona de refinamiento de la malla, pasamos de 39.468 nodos y 39.805 elementos a 40.802 nodos y 41.074 elementos cambiando un 3,4885%.



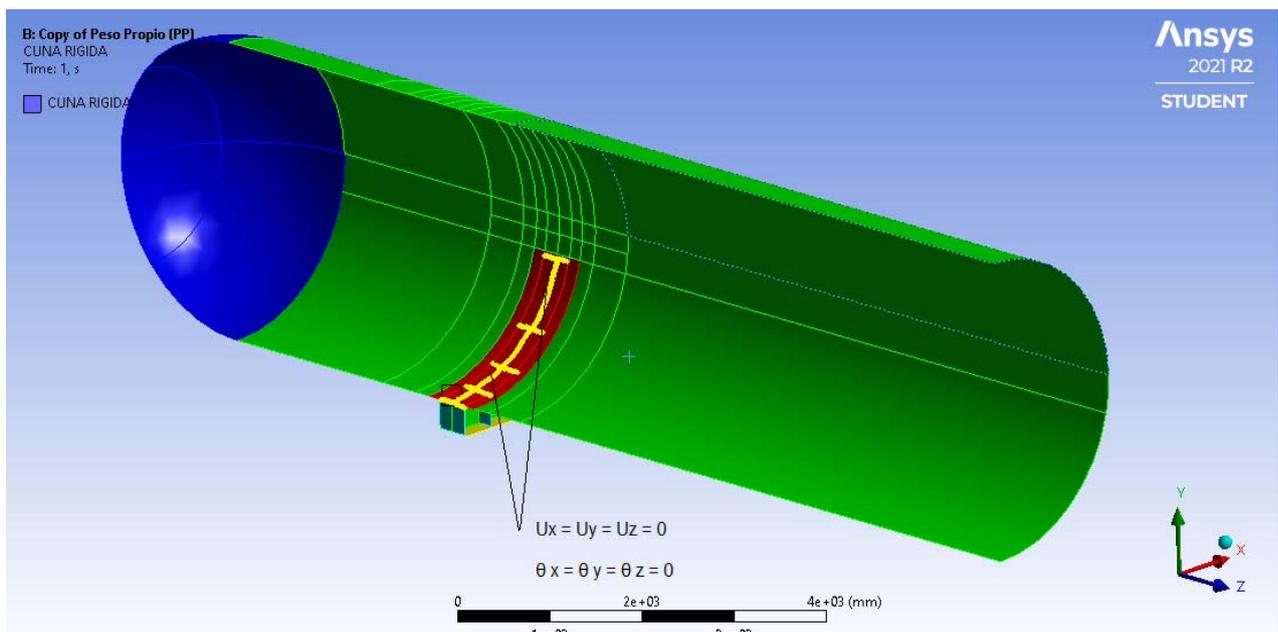
	Normal Stress 2 (MPa)	Change (%)	Nodes	Elements
1	169,04		39468	39805
2	175,04	3,4885	40802	41074

Analizando las tensiones circunferenciales sobre el recipiente, obtenemos las tensiones normales en una terna circunferencial, siendo la sollicitación de compresión arrojada en la zona exterior de la envoltura (bottom), en la zona ubicada en los extremos de los cuernos de las cunas, sobre el recipiente después de la placa de desgaste que es el objeto de nuestro estudio de magnitud  $- 206,7 \text{ MPa}$  equivalente a  $- 2.107,75 \text{ Kg/cm}^2$  ( $< S4 \text{ adm} = 2.109 \text{ Kg/cm}^2$  Verifica ).

- Cuna Rígida

El apoyo del recipiente, se simuló apoyado en una cuna infinitamente rígida, es la que llamamos hipotéticamente una cuna con una rigidez muy alta o sea como si estuviese empotrada no toda la cuna sino las líneas donde están las cartelas y el alma de la cuna en contacto con la placa de desgaste.

Los nodos comprendidos en el área que abarca el apoyo de la cuna fueron restringidos en sus desplazamientos y giros.

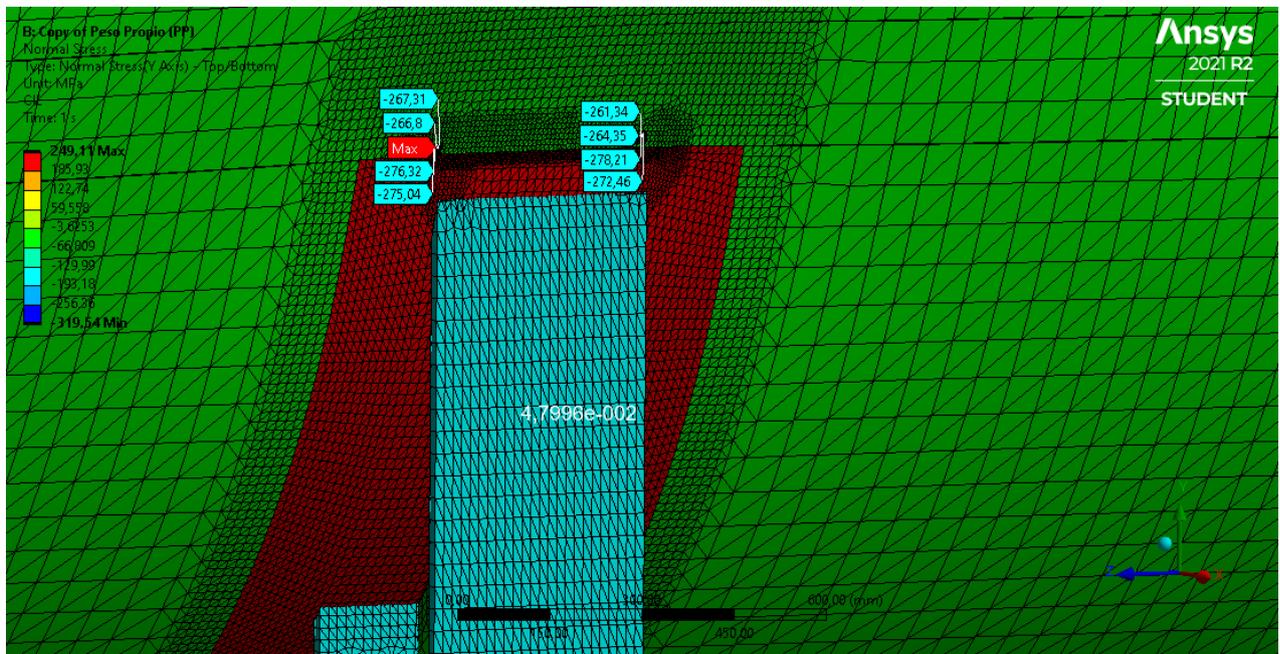
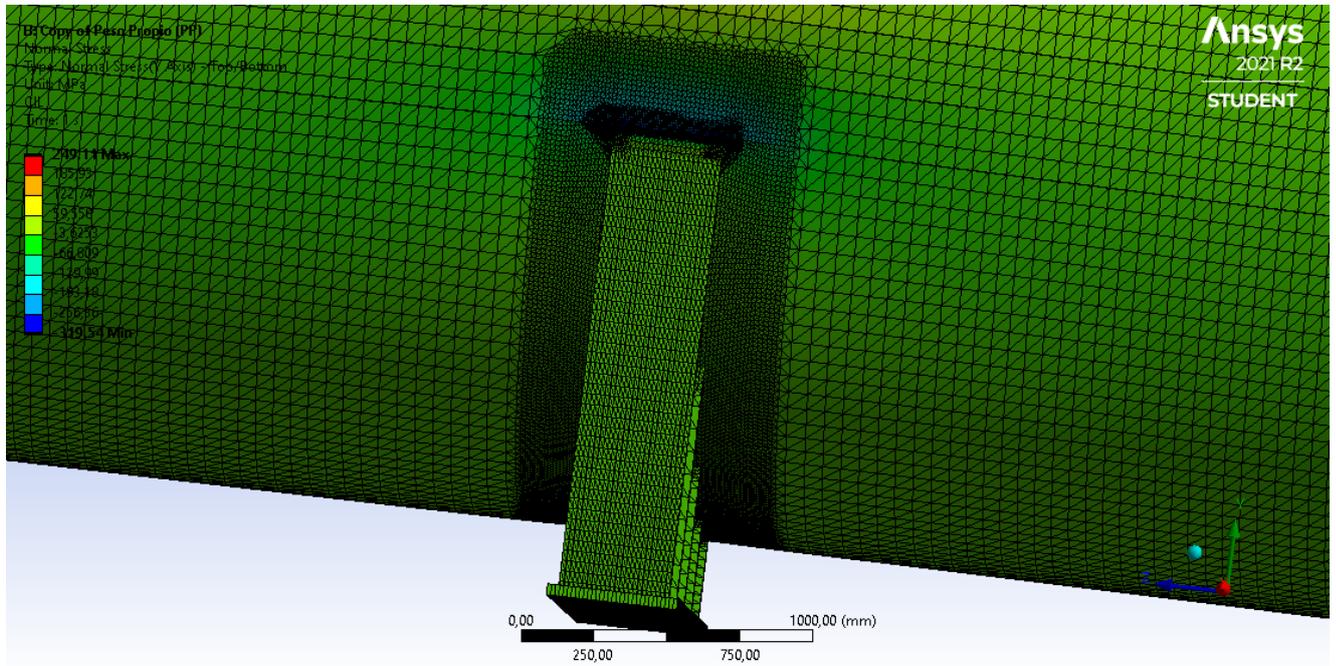


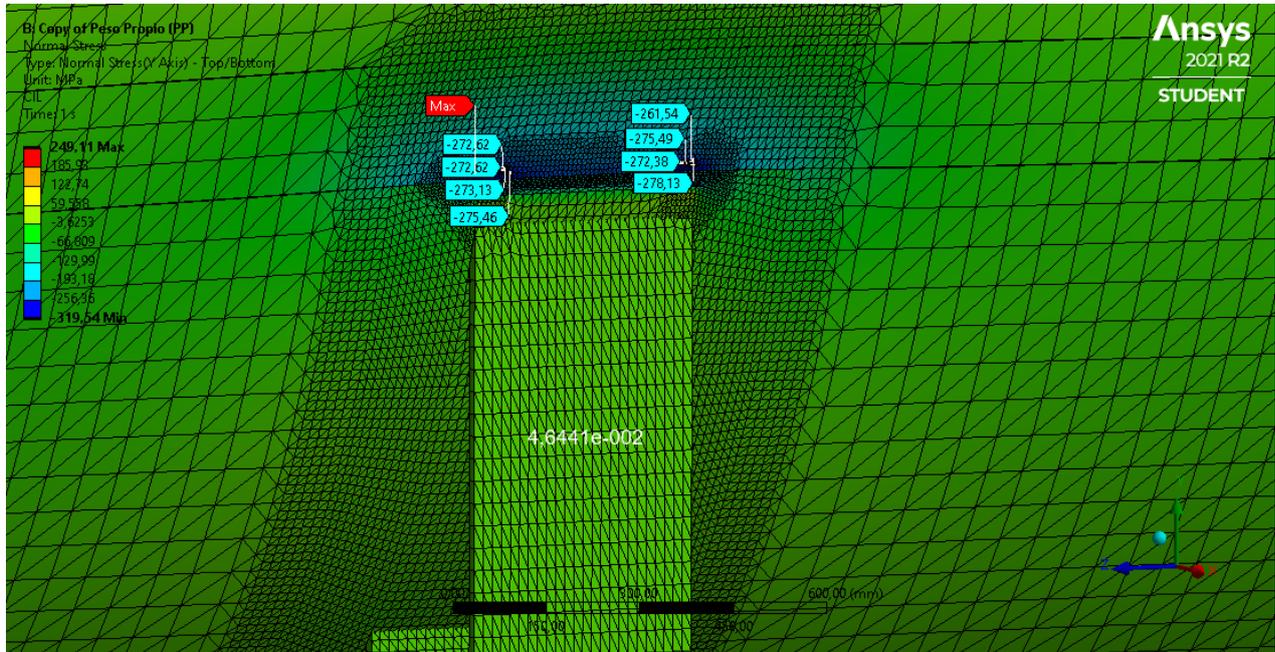
Condición de borde circunferencial : Se restringen los desplazamientos en “X” con sus correspondientes giros complementarios.

Condición de borde radial : Se restringen los desplazamientos en “Y” con sus correspondientes giros complementarios.

Condición de borde longitudinal : Se restringen los desplazamientos en “Z” con sus correspondientes giros complementarios.

Se densificó la zona cercana a la cuna con la finalidad de obtener resultados más detallados, dado que allí se producen grandes gradientes de tensión por los efectos de flexión.

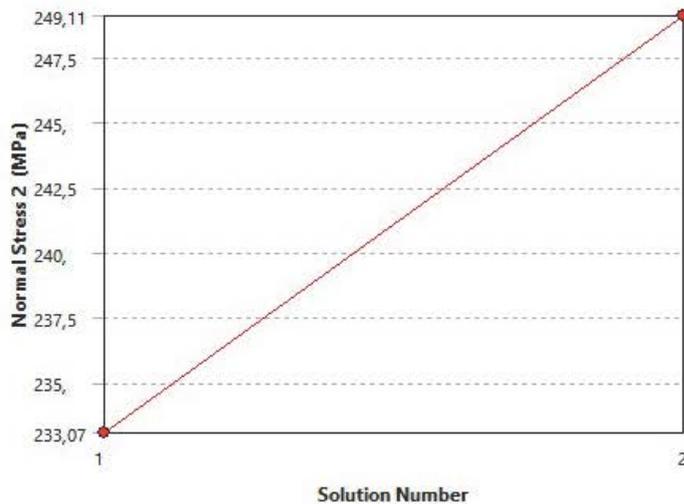




Aplicando un refinamiento en la zona de unión entre la cartela exterior o mayor y la placa de desgaste.

Asegurando la función convergencia de la malla con un margen de diferencia de 7% entre dos corridas sucesivas, aplicamos la operación de mallado con elementos triangulares con un tamaño de 60 mm, y obtenemos las tensiones normales en una terna circunferencial, en la zona exterior de la envolvente (bottom), en la zona ubicada en los extremos de los cuernos de las cunas, después de la placa de desgaste que es el objeto de nuestro estudio, siendo la sollicitación de compresión arrojada de magnitud - 278,21 MPa equivalente a - 2.836,95 Kg/cm<sup>2</sup> (> S4 adm = 2.109 Kg/cm<sup>2</sup> No Verifica) con un total de 28.361 nodos y 55.033 elementos.

Cuando aplicamos la función convergencia en la zona de refinamiento de la malla, pasamos de 28.361 nodos y 55.033 elementos a 29.287 nodos y 56.888 elementos cambiando un 6,6532%.



	Normal Stress 2 (MPa)	Change (%)	Nodes	Elements
1	233,07		28361	55033
2	249,11	6,6532	29287	56888

## 7.- Comparación de resultados de los tres procedimientos

- Cuna Elástica

Con el objeto de verificar la Integridad Estructural de la unión del cuerno de la cuna y el cuerpo cilíndrico de un recipiente de Gas Licuado, evaluamos la tensión circunferencial de compresión en los cuernos de la cuna sobre la envolvente.

Aplicando el método clásico de Zick, de acuerdo a la fuerza de reacción en la cuna Q y a las dimensiones geométricas de Equipo, obtenemos una tensión de compresión de - 1.367 Kg/cm<sup>2</sup>. Debemos aclarar que no tuvimos en cuenta para el cálculo del esfuerzo el aporte de la placa de desgaste, debido a que la geometría de la misma no cumple con la condición impuesta de ángulo mínimo de contacto  $Tita\ 1 \geq Tita + 12^\circ$ , utilizando el criterio de ASME VIII Div 2.

Para la condición de cuna flexible, aplicando la ecuación paramétrica de Ong la tensión arrojada es - 2.074,7 Kg/cm<sup>2</sup>, superando al método de Zick en un orden del 51,77 %.

El Resultado obtenido con el Método de Elementos Finitos de magnitud - 2.107,75 Kg/cm<sup>2</sup> predice el valor encontrado por Ong superando al mismo en un orden del 1,59 %.

### Cuna Rígida

Aplicando la ecuación paramétrica de Ong para la condición de cuna rígida, calculamos una tensión de - 2.642,94 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con la herramienta denominada Técnica de Evaluación Avanzada o Método de Elementos Finitos en la cual se simuló el recipiente apoyado en una cuna rígida en la que todos los nodos comprendidos en el área que abarca el apoyo de la cuna fueron restringidos en sus desplazamientos y giros, obtuvimos una tensión de - 2.836,95 Kg/cm<sup>2</sup>. Es decir, notamos una diferencia del orden del 7,34 %, y entendemos que ese desvío se debe a que modificando el grado de rigidez, se modifica el estado tensional del recipiente en el borde con el extremo de la cuna consecuencia de su mayor rigidez.

Para esta condición, si comparamos la ecuación de Ong con el Método de Zick, superaríamos a este último en un orden del 93,33 %.

Se adjunta Cuadro Comparativo de Tensiones para las diferentes condiciones de soporte del recipiente.

<b>Cuadro Comparativo de Tensiones</b>		
Método de Zick	Tensión Circunferencial S4	
	- 1.367 Kg/cm <sup>2</sup>	
	Condición de Soporte del Recipiente	
	Cuna Elástica	Cuna Rígida
Ecuación Paramétrica Ong	- 2.074,7 Kg/cm <sup>2</sup>	- 2.642,9 Kg/cm <sup>2</sup>
% Incremento Zick / Ong	51,77%	93,33%
Método de Elementos Finitos	- 2.107,75 Kg/cm <sup>2</sup>	- 2.836,95 Kg/cm <sup>2</sup>
% Incremento Ong / FEA	1,59%	7,34%
S 4 adm = 1,5 S m	2.109 Kg/cm <sup>2</sup>	
Verifica/No Verifica	Verifica	No Verifica

## 8.- Procedimiento de Soldadura

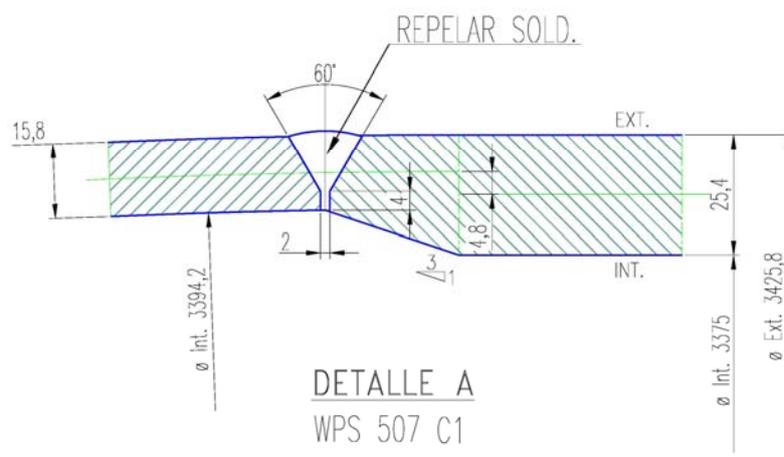
El método recomendado para las soldaduras de las virolas de este recipiente es el SAW debido a las dimensiones y espesores del mismo, ya que permite la automatización del proceso en la mayor parte de los cordones requeridos, logrando así una soldadura de mayor calidad y uniformidad siendo esto un punto clave en los recipientes a presión. Este sistema se utilizará para las soldaduras radiales y longitudinales del cuerpo, el resto de los cordones tanto en cabezales como en las aberturas y refuerzos serán realizadas mediante SMAW debido a la flexibilidad que brinda este proceso.

A continuación se realiza la selección de los materiales de aporte en el caso de las soldaduras realizadas por método SAW.

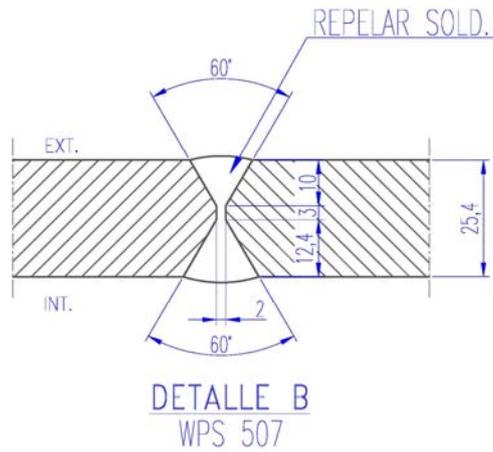
El acero SA-516 GR70 admite según la AWS A5.17 para el método de soldadura SAW un material de aporte de la serie: EM12K. Para este proceso se utiliza un fundente F7A2-EM12K, especialmente formulado para el material de aporte seleccionado y el material base.

Para la fabricación de la estructura de las cunas soportes, se adoptó el proceso GTAW para la construcción de la pasada de raíz utilizando el consumible ER70S-3. Mientras que para las pasadas de relleno y terminación adoptamos el proceso SMAW aportando el electrodo básico E7018, el cual está especialmente formulado para este tipo de acero, logrando un bajo contenido de hidrogeno en el cordón, obteniendo excelentes propiedades de resistencia que la igualan a la de la placa, como así también una buena tenacidad a bajas temperaturas. Para la soldadura de raíz se utilizará un electrodo de 2,5 mm de diámetro para tener mejor acceso en el bisel y lograr una buena penetración. Luego en la soldadura de relleno y terminación se utilizarán electrodos de 3,25 mm y 4 mm respectivamente, de manera de maximizar el aporte en los cordones. Por lo tanto se conforma un Procedimiento de Soldadura combinado con Procesos GTAW/SMAW.

A continuación en el Detalle A, observamos las dimensiones y el detalle del bisel de la soldadura del cuerpo cilíndrico con el cabezal semiesférico.

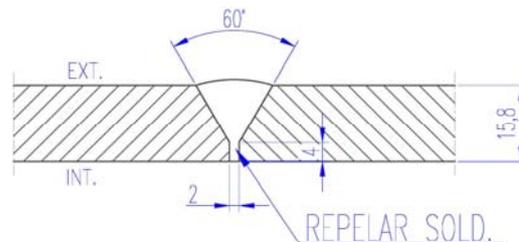


Mientras que en el Detalle B, se indican las soldaduras a tope longitudinales y circunferenciales del cuerpo de presión con preparación del bisel en "X" con el fin de maximizar la penetración y disminuir las tensiones durante el proceso de soldadura y asimétrica para facilitar la soldadura en posición horizontal – vertical.



Soldaduras longitudinales y circunferenciales  
del cuerpo de presión – Bisel en "X" asimétrica  
WPS 507

Finalmente dentro de las costuras más comprometidas visualizamos en el Detalle C las costuras de unión del cabezal semiesférico con diseño del bisel en "V", con el fin de obtener un cómodo acceso del electrodo, de manera de asegurar una buena fusión en los bordes y penetración completa.



Soldaduras del cabezal semiesférico  
Preparación del Bisel en "V"  
WPS 508

Evaluación de la Soldabilidad del acero SA-516 GR70

Carbono Equivalente :

Fórmula IIW: en % de peso :

$$CE = C + \frac{(Mn + Si)}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

Reemplazando valores, obtenemos un Carbono Equivalente CE = 0,547 %

Como el CE = 0,547 % < 0,55 %, esto implica que es un acero de buena soldabilidad

Fórmula de Ito y Bessyo : en % de peso

$$Pcm = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5 B$$

Reemplazando valores, obtenemos un Carbono Equivalente Pcm = 0,353 %

## Métodos predictivos para establecer la temperatura de precalentamiento

### Método de Seferian

CT equivalente total del Carbono, suma del equivalente Químico ( $C_q$ ) y el equivalente en Carbono del espesor ( $C_e$ ), que depende a su vez del propio espesor y de la templabilidad del acero.

$$CT[\%] = C_q + C_e = C_q (1 + 0,005e)$$

donde :  $e$  = espesor [mm]

$$C_q[\%] = C + \frac{Mn}{9} + \frac{Cr}{18} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90}$$

$$e = 25,4 \quad \text{mm para ASTM A516 Gr 70}$$

$$C_q \% = 0,413 \quad \%$$

$$CT = 0,465 \quad \%$$

Propone la siguiente expresión para el cálculo de la temperatura de precalentamiento

$$T_p[^\circ\text{C}] = 350 \sqrt{CT - 0,25}$$

$$\underline{T_p = 162,3} \quad \underline{^\circ\text{C}}$$

Seferian, también determina gráficamente la temperatura de precalentamiento, según la figura.

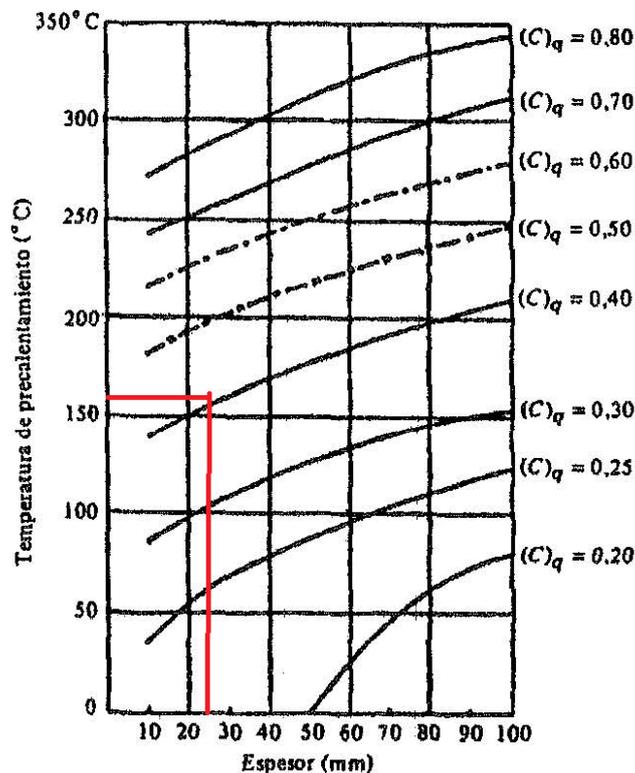
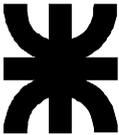
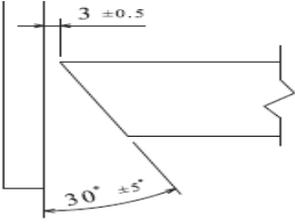


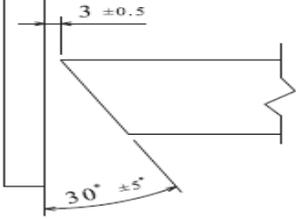
Figura 5: Gráfico de Seferian.

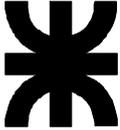
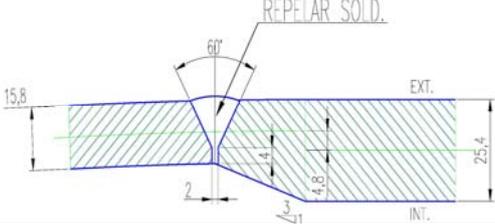
Obtenemos la Mínima Temperatura de Precalentamiento y Entre Pasadas de  $T = 160 \text{ }^\circ\text{C}$

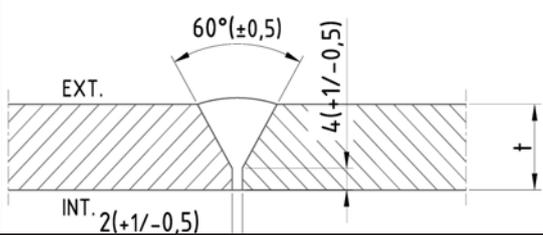
### Tratamiento térmico

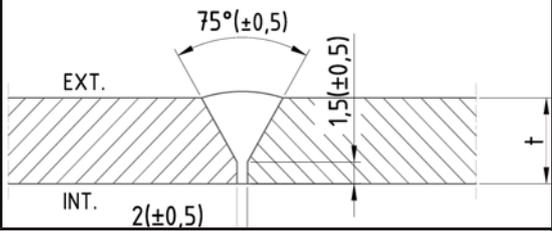
De acuerdo al apartado UW-2 del Código para todo tipo de acero al carbono P-No. 1 con espesores superiores a 16 mm se requiere un tratamiento térmico post soldadura. De acuerdo a esto y en función de lo recomendado por la tabla UCS-56 del Código se define un tratamiento térmico necesario de post soldadura de 595°C durante al menos 1 hora para las soldaduras en el cuerpo del recipiente y 595°C durante 45 minutos mínimo para los cabezales.

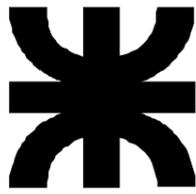
		<b>ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)</b> <b>(ASME IX / QW-483)</b>																																						
		EPS N° EPS 504	Rev: 0	Realizado por: Fronciani Damián																																				
		Fecha: 22/02/2022		Aprobado por: Asta Eduardo																																				
Proceso de Soldadura:		SAW		Tipo: AUTOMÁTICA																																				
<b>JUNTA (QW-402)</b> Diseño de Junta: Filete Respaldo: SI: _____ No: X Material de Respaldo: N/A Metal: N/A Metal no fundible: N/A Material no metálico: N/A Otro: N/A																																								
<b>METAL BASE (QW-403)</b> P-N°. 1 Grupo N°. 2 a P-N°. 1 Grupo N°. 2 Especificación: ASTM SA 516- Gr. 70 a Especificación: ASTM SA 516-Gr. 70 Rango de espesores: Topo: 5/8" a 1" Filete: 5/16" a 1" Rango de Diámetros de Tubería: Topo: Mayores de 2 1/2" Filete: Todos Otros:																																								
<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1°</th> <th>2°</th> <th>3°</th> <th>Otras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificación (SFA). N°:</td> <td>AWS 5.17</td> <td>AWS 5.17</td> <td>AWS 5.17</td> <td>AWS 5.17</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS. N°:</td> <td>EM12K</td> <td>EM12K</td> <td>EM12K</td> <td>EM12K</td> </tr> <tr> <td>F- N°:</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>A- N°:</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del Metal de aporte:</td> <td>2,5 mm</td> <td>2,5 mm</td> <td>4 mm</td> <td>4 mm</td> </tr> <tr> <td>Fundente:</td> <td>F7A2-EM12K</td> <td>F7A2-EM12K</td> <td>F7A2-EM12K</td> <td>F7A2-EM12K</td> </tr> </tbody> </table>							1°	2°	3°	Otras	Especificación (SFA). N°:	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17	Clasificación AWS. N°:	EM12K	EM12K	EM12K	EM12K	F- N°:	3	3	4	4	A- N°:	5	5	5	5	Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	2,5 mm	4 mm	4 mm	Fundente:	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K
	1°	2°	3°	Otras																																				
Especificación (SFA). N°:	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17																																				
Clasificación AWS. N°:	EM12K	EM12K	EM12K	EM12K																																				
F- N°:	3	3	4	4																																				
A- N°:	5	5	5	5																																				
Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	2,5 mm	4 mm	4 mm																																				
Fundente:	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K																																				
<b>POSICIÓN (QW-405)</b> Posición de la junta a Topo: Todos Avance del cordón Sup. X Inf. _____ Posición de la junta a filete: Todos		<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> Temp. mín. de precalentamiento: 160 °C Temp. máx. Entre pases: 160 °C Precalentamiento mantenido: Si: X No: _		<b>TRATAMIENTO TÉRMICO (QW-407)</b> Rango de Temp.: Ver Nota Rango de Tiempo: _____																																				
<b>GAS DE PROTECCIÓN (QW-405)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Composición</th> </tr> <tr> <th>Gas</th> <th>Mezcla</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Del cordón</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De arrastre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De respaldo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Composición			Gas	Mezcla	Flujo	Del cordón				De arrastre				De respaldo				<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)</b> Corriente: AC: DC: X Polaridad: (+) Amps (Rango): 90-200 Volts (Rango): 20-30 Tipo y tamaño de electrodo de Tungsteno: N/A Modo de transferencia de metal en GMAW: N/A Rango de velocidad de alimentación del alambre: N/A																		
	Composición																																							
	Gas	Mezcla	Flujo																																					
Del cordón																																								
De arrastre																																								
De respaldo																																								
<b>TECNICA (QW-410)</b> Oscilante o de Vaivén: Indiferente Método de respaldo posterior: N/A Limpieza inicial y entre pases: Limpiar con cepillo de acero de alta velocidad Oscilación: Máximo tres veces el diámetro del electrodo.																																								
		Metal de aporte		Corriente																																				
Pasada	Proceso	Clasificación	Diámetro	Polaridad	Amp. (Rango)	Volt. (Rango)	Vel. de avance.	Otros																																
1°	SAW	EM12K	2,5 mm	DC(+)	250-500	20-30	30-40 cm/min																																	
2°	SAW	EM12K	2,5 mm	DC(+)	250-500	20-30	30-40 cm/min																																	
3°	SAW	EM12K	4 mm	DC(+)	400-800	20-30	30-40 cm/min																																	
Otras	SAW	EM12K	4 mm	DC(+)	400-800	20-30	30-40 cm/min																																	
Notas: Tratamiento Térmico: Calentamiento libre hasta 450°C. Continuar calentamiento a 200°C/Hr. hasta 730°C. Mantener a 730°C por dos horas. Enfriar a 260°C/Hr. hasta 450°C. Continuar con enfriamiento libre hasta la temperatura ambiente. Calentar hasta 2 1/2" laterales a la junta.																																								

		<b>ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)</b> (ASME IX / QW-483)																																													
		EPS N° EPS 505		Rev: 0 Fecha: 22/02/2022		Realizado por: Fronciani Damián Aprobado por: Asta Eduardo																																									
Proceso de soldadura:		SMAW			Tipo: MANUAL																																										
<b>JUNTA (QW-402)</b> Diseño de junta: Filete Respaldo: SI: _____ No: <u>X</u> Material de respaldo: N/A Metal: N/A Metal no fundible: N/A Material no metálico: N/A Otro: N/A																																															
<b>METAL BASE (QW-403)</b> P-N°. 1 Grupo N° 1 o 2 a P-N°. 1 Grupo N°. 1 o 2 Especificación: ASTM SA 516-Gr. 70 a Especificación: ASTM SA-36 / SA-106 Rango de espesores: Topo: 5/8" a 1" Filete: 5/8" a 1 1/2" Rango de diámetros de tubería: Topo: Mayores de 2 1/2" Filete: Todos Otros:																																															
<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1°</th> <th>2°</th> <th>3°</th> <th>Otras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificación (SFA). N°:</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS. N°:</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> </tr> <tr> <td>F- N°:</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>A- N°:</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del Metal de aporte:</td> <td>2,5 mm</td> <td>3,25 mm</td> <td>4 mm</td> <td>4 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									1°	2°	3°	Otras	Especificación (SFA). N°:	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1	Clasificación AWS. N°:	E7018	E7018	E7018	E7018	F- N°:	3	3	4	4	A- N°:	5	5	5	5	Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	3,25 mm	4 mm	4 mm										
	1°	2°	3°	Otras																																											
Especificación (SFA). N°:	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1																																											
Clasificación AWS. N°:	E7018	E7018	E7018	E7018																																											
F- N°:	3	3	4	4																																											
A- N°:	5	5	5	5																																											
Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	3,25 mm	4 mm	4 mm																																											
<b>POSICIÓN (QW-405)</b> Posición de la junta a tope: Todos Avance del cordón Sup. <u>X</u> Inf. ___ Posición de la junta a filete: Todos		<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> Temp. min. de precalentamiento: 160 °C Temp. max. Entre pases: 160 °C Precalentamiento mantenido: Si: ___ No: <u>X</u>			<b>TRATAMIENTO TÉRMICO (QW-407)</b> Rango de temp.: N/A Rango de tiempo: <u>N/A</u>																																										
<b>GAS DE PROTECCIÓN (QW-408)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Composición</th> </tr> <tr> <th>Gas</th> <th>Mezcla</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Del cordón</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De arrastre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De respaldo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Composición			Gas	Mezcla	Flujo	Del cordón				De arrastre				De respaldo				<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)</b> Corriente: AC: DC: <u>X</u> Polaridad: (+) Amps (Rango): 90-200 Volts (Rango): 20-30 Tipo y tamaño de electrodo de Tungsteno: N/A Modo de transferencia de metal en GMAW: N/A Rango de velocidad de alimentación del alambre: N/A																								
	Composición																																														
	Gas	Mezcla	Flujo																																												
Del cordón																																															
De arrastre																																															
De respaldo																																															
<b>TECNICA (QW-410)</b> Oscilante o de Vaivén: Indiferente Método de respaldo posterior: N/A Limpieza inicial y entre pases: Limpiar con cepillo de acero de alta velocidad Oscilación: Máximo tres veces el diámetro del electrodo.																																															
		Metal de aporte		Corriente																																											
Pasada	Proceso	Clasificación	Diámetro	Polaridad	Amp. (Rango)	Volt. (Rango)	Vel. de avance.	Otros																																							
1°	SMAW	E7018	2,5 mm	DC(+)	90-100	20-30	12-16 cm/min																																								
2°	SMAW	E7018	3,25 mm	DC(+)	90-100	20-30	12-16 cm/min																																								
3°	SMAW	E7018	4 mm	DC(+)	140-200	20-30	12-16 cm/min																																								
Otras	SMAW	E7018	4 mm	DC(+)	140-200	20-30	12-16 cm/min																																								
Notas:																																															

		<b>ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)</b> (ASME IX / QW-483)																																																		
		EPS N° EPS 507	Rev: 0 Realizado por: Fronciani Damián Fecha: 22/02/2022 Aprobado por: Asta Eduardo																																																	
<b>Proceso(s) de Soldadura:</b> SAW		<b>Tipo(s):</b> AUTOMÁTICA																																																		
<b>JUNTA (QW-402)</b> Diseño de Junta: A Tope Bisel en "V" Respaldo: SI: _____ No: X Material de Respaldo: N/A Metal: N/A Metal no fundible: N/A Material no metálico: N/A Otro: N/A																																																				
<b>METAL BASE (QW-403)</b> P-N°. 1 Grupo N°. 2 a P-N°. 1 Grupo N°. 2 Especificación: ASTM SA516-70 a Especificación: ASTM SA516-70 Rango de espesores: Topo: 5/8" a 1" Filete: 5/16" a 1" Rango de Diámetros de Tubería: Topo: Mayores de 2 1/2" Filete: Todos Otros:																																																				
<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1°</th> <th>2°</th> <th>3°</th> <th>Otras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificación (SFA). N°:</td> <td>AWS 5.17</td> <td>AWS 5.17</td> <td>AWS 5.17</td> <td>AWS 5.17</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS. N°:</td> <td>EM12K</td> <td>EM12K</td> <td>EM12K</td> <td>EM12K</td> </tr> <tr> <td>F- N°:</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>A- N°:</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del Metal de aporte:</td> <td>2,5 mm</td> <td>2,5 mm</td> <td>4 mm</td> <td>4 mm</td> </tr> <tr> <td>Fundente:</td> <td>F7A2-EM12K</td> <td>F7A2-EM12K</td> <td>F7A2-EM12K</td> <td>F7A2-EM12K</td> </tr> </tbody> </table>					1°	2°	3°	Otras	Especificación (SFA). N°:	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17	Clasificación AWS. N°:	EM12K	EM12K	EM12K	EM12K	F- N°:	3	3	4	4	A- N°:	5	5	5	5	Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	2,5 mm	4 mm	4 mm	Fundente:	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K														
	1°	2°	3°	Otras																																																
Especificación (SFA). N°:	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17	AWS 5.17																																																
Clasificación AWS. N°:	EM12K	EM12K	EM12K	EM12K																																																
F- N°:	3	3	4	4																																																
A- N°:	5	5	5	5																																																
Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	2,5 mm	4 mm	4 mm																																																
Fundente:	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K	F7A2-EM12K																																																
<b>POSICIÓN (QW-405)</b> Posición de la junta a Tope: Todos Avance del cordón Sup. X Inf. ____ Posición de la junta a filete: Todos		<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> Temp. mín. de precalentamiento: 160 °C Temp. máx. Entre pases: 160 °C Precalentamiento mantenido: Si: X No: ____																																																		
<b>GAS DE PROTECCIÓN (QW-405)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Composición</th> </tr> <tr> <th>Gas</th> <th>Mezcla</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Del cordón</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De arrastre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De respaldo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Composición			Gas	Mezcla	Flujo	Del cordón				De arrastre				De respaldo				<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)</b> Corriente: AC: DC: X Polaridad: (+) Amps (Rango): 90-200 Volts (Rango): 20-30 Tipo y tamaño de electrodo de Tungsteno: N/A Modo de transferencia de metal en GMAW: N/A Rango de velocidad de alimentación del alambre: N/A																															
	Composición																																																			
	Gas	Mezcla	Flujo																																																	
Del cordón																																																				
De arrastre																																																				
De respaldo																																																				
<b>TECNICA (QW-410)</b> Oscilante o de Vaivén: Indiferente Método de respaldo posterior: N/A Limpieza inicial y entre pases: Limpiar con cepillo de acero de alta velocidad Oscilación: Máximo tres veces el diámetro del electrodo.																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pasada</th> <th rowspan="2">Proceso</th> <th colspan="2">Metal de aporte</th> <th colspan="2">Corriente</th> <th rowspan="2">Volt. (Rango)</th> <th rowspan="2">Vel. de avance.</th> <th rowspan="2">Otros</th> </tr> <tr> <th>Clasificación</th> <th>Diámetro</th> <th>Polaridad</th> <th>Amp. (Rango)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1°</td> <td>SAW</td> <td>EM12K</td> <td>2,5 mm</td> <td>DC(+)</td> <td>250-500</td> <td>20-30</td> <td>30-40 cm/min</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2°</td> <td>SAW</td> <td>EM12K</td> <td>2,5 mm</td> <td>DC(+)</td> <td>250-500</td> <td>20-30</td> <td>30-40 cm/min</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3°</td> <td>SAW</td> <td>EM12K</td> <td>4 mm</td> <td>DC(+)</td> <td>400-800</td> <td>20-30</td> <td>30-40 cm/min</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otras</td> <td>SAW</td> <td>EM12K</td> <td>4 mm</td> <td>DC(+)</td> <td>400-800</td> <td>20-30</td> <td>30-40 cm/min</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Pasada	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Volt. (Rango)	Vel. de avance.	Otros	Clasificación	Diámetro	Polaridad	Amp. (Rango)	1°	SAW	EM12K	2,5 mm	DC(+)	250-500	20-30	30-40 cm/min		2°	SAW	EM12K	2,5 mm	DC(+)	250-500	20-30	30-40 cm/min		3°	SAW	EM12K	4 mm	DC(+)	400-800	20-30	30-40 cm/min		Otras	SAW	EM12K	4 mm	DC(+)	400-800	20-30	30-40 cm/min	
Pasada	Proceso	Metal de aporte				Corriente		Volt. (Rango)	Vel. de avance.				Otros																																							
		Clasificación	Diámetro	Polaridad	Amp. (Rango)																																															
1°	SAW	EM12K	2,5 mm	DC(+)	250-500	20-30	30-40 cm/min																																													
2°	SAW	EM12K	2,5 mm	DC(+)	250-500	20-30	30-40 cm/min																																													
3°	SAW	EM12K	4 mm	DC(+)	400-800	20-30	30-40 cm/min																																													
Otras	SAW	EM12K	4 mm	DC(+)	400-800	20-30	30-40 cm/min																																													
<b>Notas:</b> Tratamiento Térmico: Calentamiento libre hasta 450°C. Continuar calentamiento a 200°C/Hr. hasta 730°C. Mantener a 730°C por dos horas. Enfriar a 260°C/Hr. hasta 450°C. Continuar con enfriamiento libre hasta la temperatura ambiente. Calentar hasta 2 1/2" laterales a la junta.																																																				

		<b>ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)</b> (ASME IX / QW-483)																																													
		EPS N° EPS 508		Rev: 0 Fecha: 22/02/2022		Realizado por: Fronciani Damián Aprobado por: Asta Eduardo																																									
Proceso de soldadura:		SMAW			Tipo: MANUAL																																										
<b>JUNTA (QW-402)</b> Diseño de junta: A Tope Bisel en "V" Respaldo: SI: _____ No: <u>X</u> Material de respaldo: N/A Metal: N/A Metal no fundible: N/A Material no metálico: N/A Otro: N/A																																															
<b>METAL BASE (QW-403)</b> P-N° 1 Grupo N° 2 a P-N° 1 Grupo N° 2 Especificación: ASTM SA 516-Gr. 70 a Especificación: ASTM SA 516-Gr. 70 Rango de espesores: Topo: 5/8" a 1" Filete: 5/8" a 1" Rango de diámetros de tubería: Topo: Mayores de 2 1/2" Filete: Todos Otros:																																															
<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b>				<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1°</th> <th>2°</th> <th>3°</th> <th>Otras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificación (SFA). N°:</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS. N°:</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> </tr> <tr> <td>F- N°:</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>A- N°:</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del Metal de aporte:</td> <td>2,5 mm</td> <td>3,25 mm</td> <td>4 mm</td> <td>4 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					1°	2°	3°	Otras	Especificación (SFA). N°:	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1	Clasificación AWS. N°:	E7018	E7018	E7018	E7018	F- N°:	3	3	4	4	A- N°:	5	5	5	5	Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	3,25 mm	4 mm	4 mm										
	1°	2°	3°	Otras																																											
Especificación (SFA). N°:	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1																																											
Clasificación AWS. N°:	E7018	E7018	E7018	E7018																																											
F- N°:	3	3	4	4																																											
A- N°:	5	5	5	5																																											
Diámetro del Metal de aporte:	2,5 mm	3,25 mm	4 mm	4 mm																																											
<b>POSICIÓN (QW-405)</b> Posición de la junta a tope: Todos Avance del cordón Sup. X Inf. __ Posición de la junta a filete: Todos		<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> Temp. min. de precalentamiento: 160 °C Temp. max. Entre pases: 160 °C Precalentamiento mantenido: Si: <u>X</u> No: __		<b>TRATAMIENTO TÉRMICO (QW-407)</b> Rango de temp.: Ver Nota Rango de tiempo: _____																																											
<b>GAS DE PROTECCIÓN (QW-408)</b>			<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)</b>																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Composición</th> </tr> <tr> <th>Gas</th> <th>Mezcla</th> <th>Flujo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Del cordón</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De arrastre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De respaldo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Composición			Gas	Mezcla	Flujo	Del cordón				De arrastre				De respaldo				Corriente: AC: DC: <u>X</u> Polaridad: (+) Amps (Rango): 90-200 Volts (Rango): 20-30 Tipo y tamaño de electrodo de Tungsteno: N/A Modo de transferencia de metal en GMAW: N/A Rango de velocidad de alimentación del alambre: N/A																									
	Composición																																														
	Gas	Mezcla	Flujo																																												
Del cordón																																															
De arrastre																																															
De respaldo																																															
<b>TECNICA (QW-410)</b> Oscilante o de Vaivén: Indiferente Método de respaldo posterior: N/A Limpieza inicial y entre pases: Limpiar con cepillo de acero de alta velocidad Oscilación: Máximo tres veces el diámetro del electrodo.																																															
		Metal de aporte		Corriente																																											
Pasada	Proceso	Clasificación	Diámetro	Polaridad	Amp. (Rango)	Volt. (Rango)	Vel. de avance.	Otros																																							
1°	SMAW	E7018	2,5 mm	DC(+)	90-100	20-30	12-16 cm/min																																								
2°	SMAW	E7018	3,25 mm	DC(+)	90-100	20-30	12-16 cm/min																																								
3°	SMAW	E7018	4 mm	DC(+)	140-200	20-30	12-16 cm/min																																								
Otras	SMAW	E7018	4 mm	DC(+)	140-200	20-30	12-16 cm/min																																								
<b>Notas:</b> Tratamiento Térmico: Calentamiento libre hasta 450°C. Continuar calentamiento a 200°C/Hr. hasta 730°C. Mantener a 730°C por dos horas. Enfriar a 260°C/Hr. hasta 450°C. Continuar con enfriamiento libre hasta la temperatura ambiente. Calentar hasta 2 1/2" laterales a la junta.																																															

		<b>ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (EPS)</b> (ASME IX / QW-483)																																								
		EPS N° EPS 510		Rev: 0 Fecha: 22/02/2022		Realizado por: Fronciani Damián Aprobado por: Asta Eduardo																																				
Proceso de soldadura: <b>GTAW/SMAW</b> Tipo: <b>MANUAL</b>																																										
<b>JUNTA (QW-402)</b> Diseño de junta: <b>A Tope Bisel en "V"</b> Respaldo: SI: _____ No: <u>X</u> Material de respaldo: <b>N/A</b> Metal: <b>N/A</b> Metal no fundible: <b>N/A</b> Material no metálico: <b>N/A</b> Otro: <b>N/A</b>																																										
<b>METAL BASE (QW-403)</b> P-N°. 1 Grupo N°. 1 a P-N°. 1 Grupo N°. 1 Especificación: <b>ASTM SA 105</b> a Especificación: <b>ASTM SA 106</b> Rango de espesores: Topo: <b>5/8" a 1"</b> Filete: <b>5/8" a 1"</b> Rango de diámetros de tubería: Topo: <b>Mayores de 2 1/2"</b> Filete: <b>Todos</b> Otros:																																										
<b>METAL DE APORTE (QW-404)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1°</th> <th>2°</th> <th>3°</th> <th>Otras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Especificación (SFA). N°:</td> <td>AWS 5.18</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> <td>AWS 5.1</td> </tr> <tr> <td>Clasificación AWS. N°:</td> <td>ER70S-3</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> <td>E7018</td> </tr> <tr> <td>F- N°:</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>A- N°:</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Diámetro del Metal de aporte:</td> <td>2,4 mm</td> <td>3,25 mm</td> <td>4 mm</td> <td>4 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									1°	2°	3°	Otras	Especificación (SFA). N°:	AWS 5.18	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1	Clasificación AWS. N°:	ER70S-3	E7018	E7018	E7018	F- N°:	6	4	4	4	A- N°:	1	5	5	5	Diámetro del Metal de aporte:	2,4 mm	3,25 mm	4 mm	4 mm					
	1°	2°	3°	Otras																																						
Especificación (SFA). N°:	AWS 5.18	AWS 5.1	AWS 5.1	AWS 5.1																																						
Clasificación AWS. N°:	ER70S-3	E7018	E7018	E7018																																						
F- N°:	6	4	4	4																																						
A- N°:	1	5	5	5																																						
Diámetro del Metal de aporte:	2,4 mm	3,25 mm	4 mm	4 mm																																						
<b>POSICIÓN (QW-405)</b> Posición de la junta a tope: <b>Todos</b> Avance del cordón Sup. <u>X</u> Inf. ___ Posición de la junta a filete: <b>Todos</b>		<b>PRECALENTAMIENTO (QW-406)</b> Temp. min. de precalentamiento: <b>30 °C</b> Temp. max. Entre pases: <b>95 °C</b> Precalentamiento mantenido: Si: ___ No: <u>X</u>			<b>TRATAMIENTO TÉRMICO (QW-407)</b> Rango de temp.: <b>N/A</b> Rango de tiempo: <b>N/A</b>																																					
<b>GAS DE PROTECCIÓN (QW-408)</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Composición</th> </tr> <tr> <th>Gas</th> <th>Mezcla</th> <th>Caudal(l/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Del cordón</td> <td>Ar.</td> <td>99,99 %</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>De arrastre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>De respaldo</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Composición			Gas	Mezcla	Caudal(l/min)	Del cordón	Ar.	99,99 %	13	De arrastre				De respaldo				<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)</b> Corriente: AC: _____ DC: <u>X</u> Polaridad: <b>(+)</b> Amps (Rango): <b>50-200</b> Volts (Rango): <b>20-30</b> Tipo y tamaño de electrodo de Tungsteno: <b>EW Th 2 Diám. 2,4</b> Modo de transferencia de metal en GMAW: <b>N/A</b> Rango de velocidad de alimentación del alambre: <b>N/A</b>																			
	Composición																																									
	Gas	Mezcla	Caudal(l/min)																																							
Del cordón	Ar.	99,99 %	13																																							
De arrastre																																										
De respaldo																																										
<b>TECNICA (QW-410)</b> Oscilante o de Vaivén: <b>Indiferente</b> Método de respaldo posterior: <b>N/A</b> Limpieza inicial y entre pases: <b>Limpiar con cepillo de acero de alta velocidad</b> Oscilación: <b>Máximo tres veces el diámetro del electrodo.</b>																																										
		Metal de aporte		Corriente																																						
Pasada	Proceso	Clasificación	Diámetro	Polaridad	Amp. (Rango)	Volt. (Rango)	Vel. de avance.	Otros																																		
1°	GTAW	ER70S-3	2,4 mm	DC(-)	90-100	10-12	5-6 cm/min																																			
2°	SMAW	E7018	3,25 mm	DC(+)	140-200	20-30	12-16 cm/min																																			
3°	SMAW	E7018	4 mm	DC(+)	140-200	20-30	12-16 cm/min																																			
Otras	SMAW	E7018	4 mm	DC(+)	140-200	20-30	12-16 cm/min																																			
Notas:																																										



**PLANILLA DETALLE DE UNIONES SOLDADAS (Welding Map)**

DOCUMENTO N° 001

FECHA: 30/01/2022

OBRA: Proyecto Integrador Especialización Ing. Est. Mecánica

CODIGO DE OBRA:

REVISION: 0

CONTRATO N°: -

PARTE: Recipiente LPG Capacidad : 227 m3 - Conjunto y Detalles

HOJA: 1 DE 1

PLANO DE REFERENCIA N°: REC-LPG-001-2022

DATOS DE SOLDADURA		MATERIAL BASE 1				MATERIAL BASE 2				CALIFICACION PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA				CALIFICACION SOLDADORES				
COSTURA N°	TIPO DE JUNTA (a tope / filete)	DESCRIPCION	DIAMETRO (mm)	ESPECIF. MATERIAL	ESPEJOR (mm)	DESCRIPCION	DIAMETRO (mm)	ESPECIF. MATERIAL	ESPEJOR (mm)	NORMA	PROCEDIMIENTO N°	DIAMETROS (mm)	ESPEJORES (mm)	REGISTRO N°	CERTIFICADO N°	FECHA DE VENCIMIENTO	DIAMETROS (mm)	ESPEJORES (mm)
C1	A Tope	Envolvente	-	SA 516 Gr 70	25,4	Casquete	-	SA 516 Gr 70	15,8	ASME IX	WPS 507	-	15,8 a 25,4	RPS - P1	RCS - S1	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C2	A Tope en "X"	Envolvente	-	SA 516 Gr 70	25,4	Envolvente	-	SA 516 Gr 70	25,4	ASME IX	WPS 507	-	15,8 a 25,4	RPS - P1	RCS - S1	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C3	A Tope en "V"	Casquete	-	SA 516 Gr 70	15,8	Casquete	-	SA 516 Gr 70	15,8	ASME IX	WPS 508	-	15,8 a 25,4	RPS - P2	RCS - S2	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C4	Filete	Envolvente	-	SA 516 Gr 70	25,4	Placa de Desgaste	-	SA 516 Gr 70	20	ASME IX	WPS 504	-	7,9 a 25,4	RPS - P3	RCS - S2	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C5	Filete	Alma Cuna	-	ASTM SA-36	25,4	Placa de Desgaste	-	SA 516 Gr 70	20	ASME IX	WPS 505	-	15,8 a 38,1	RPS - P4	RCS - S2	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C6	Filete	Cartela Cuna	-	ASTM SA-36	20	Placa de Desgaste	-	SA 516 Gr 70	20	ASME IX	WPS 505	-	15,8 a 38,1	RPS - P4	RCS - S2	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C7	Filete	Cartela Cuna	-	ASTM SA-36	20	Placa Base	-	ASTM SA-36	38	ASME IX	WPS 505	-	15,8 a 38,1	RPS - P5	RCS - S3	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C8	Filete	Alma Cuna	-	ASTM SA-36	25,4	Placa Base	-	ASTM SA-36	38	ASME IX	WPS 505	-	15,8 a 38,1	RPS - P5	RCS - S3	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C9	Filete	Niple Caño	508	ASTM SA-106	15,8	Envolvente	-	SA 516 Gr 70	25,4	ASME IX	WPS 505	60,3 a 610	7,9 a 15,8	RPS - P6	RCS - S3	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4
C10	A Tope en "V"	Niple Caño	508	ASTM SA-106	15,8	Brida 20" WN RF	700	ASTM SA-105	15,8	ASME IX	WPS 510	60,3 a 610	7,9 a 15,8	RPS - P7	RCS - S3	31/12/2022	12,7 a 3500	4,78 a 25,4

## 9.- Evaluación de una fisura según BS 7910

### Datos de Entrada :

#### Recipiente diseñado según ASME VIII Div 1 :

- Material SA 516 Gr. 70
- Diámetro interno 3.375 mm
- Espesor envuelta  $t = 25,4$  mm
- Presión de Diseño  $17,25$  Kg/cm<sup>2</sup>
- $S_y = 38.000$  psi =  $262$  MPa (N/mm<sup>2</sup>) =  $2.671,66$  Kg/cm<sup>2</sup> (tensión de fluencia)
- $S_r = 70.000$  psi =  $482,632$  MPa (N/mm<sup>2</sup>) =  $4.921,49$  Kg/cm<sup>2</sup> (tensión de rotura)
- $S_m$  (tensión admisible) el menor valor de [  $(2/3) S_y$  ;  $(1/3,5) S_r$  ]  
 $(2/3) S_y = (2/3) 38.000$  psi =  $25.333,3$  psi =  $1.781,1$  Kg/cm<sup>2</sup>  
 $(1/3,5) S_r = (1/3,5) 70.000$  psi =  $20.000$  psi =  $1.406$  Kg/cm<sup>2</sup>
- Adoptamos  $S_m = 1.406$  Kg/cm<sup>2</sup> =  $20.000$  psi (tensión admisible)
- Fisura circunferencial detectada por END, superficial con profundidad,  $a_d = 5$  mm y largo,  $2c_d = 40$  mm.
- La fisura ha sido detectada en el metal de soldadura, considerar un error de detección de +10%

### Evaluación requerida :

- Evaluar si la discontinuidad tipo fisura detectada es aceptable para la condición de diseño.
- Realizar una tabla de tamaños aceptables de discontinuidades para este componente para la condición de diseño.

Según el apartado UG-21 del código ASME la relación entre la Presión de Operación y la Presión de Diseño es la siguiente :

$$\text{Presión Diseño} = 1,1 \text{ Presión de Operación}$$

Conociendo la Presión de Diseño, puedo determinar según la relación anterior la Presión de Operación.

$$\text{Presión de Operación} = \text{Presión de Diseño} / 1,1 = 17,25 \text{ Kg/cm}^2 / 1,1$$

$$\underline{\text{Presión de Operación} = 15,681 \text{ Kg/cm}^2}$$

### Calculamos la tensión aplicada en la envuelta $\sigma$ , de acuerdo a la condición de operación :

$$\sigma = \frac{P (R_i + 0,5 t)}{t}$$

- Para la condición de presión de operación  $P = 17,25$  Kg/cm<sup>2</sup>, calculamos las tensiones de membrana circunferencial y longitudinal :

$$\sigma_c = \frac{P (R_i + 0,5 t)}{t} = \frac{15,681 \text{ Kg/cm}^2 (168,75 \text{ cm} + 0,5 \cdot 2,54 \text{ cm})}{2,54 \text{ cm}} = \underline{1.049,639 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\sigma_L = \frac{1}{2} \sigma_c = \frac{1}{2} 1.154,66 \text{ Kg/cm}^2 = \underline{524,819 \text{ Kg/cm}^2}$$

### Para la condición de Operación $P = 15,681$ Kg/cm<sup>2</sup>

Conociendo la tensión de membrana  $\sigma_m$  y el nivel de tensiones residuales  $Q_m$ , determinamos la tensión máxima de tracción  $\sigma_{\text{máx}}$ .

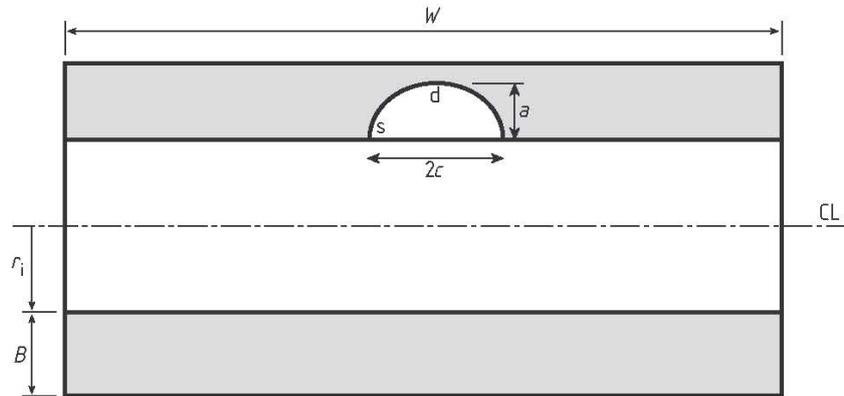


Figure M.16 — Internal surface flaw in cylinder oriented axially

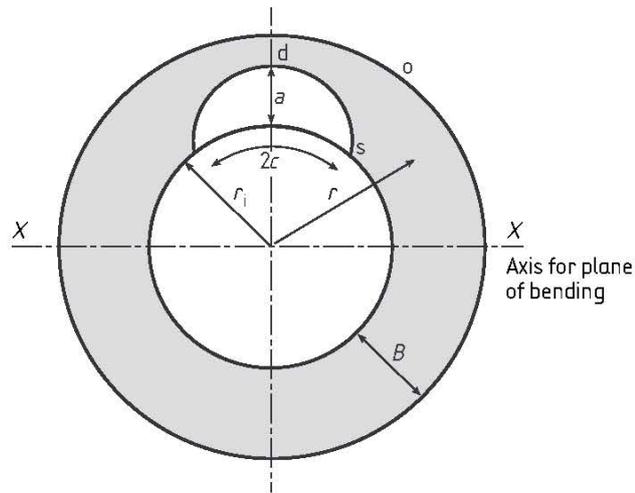


Figure M.17 — Internal surface flaw in cylinder oriented circumferentially

De acuerdo a los datos, obtenemos las siguientes relaciones :

$$a/B = 5\text{mm} / 25,4 \text{ mm} = 0,196$$

$$a/c = 5\text{mm} / 20 \text{ mm} = 0,25$$

$$B/r_i = 25,4\text{mm} / 3.375 \text{ mm} = 0,0075259$$

$$a/2c = 5\text{mm} / 40 \text{ mm} = 0,125$$

De la tabla 5, obtenemos los coeficientes  $M_m(d) = 1,168$  y  $M_b(d) = 0,870$  (para el punto más profundo de la falla) y  $M_m(s) = 0,617$  y  $M_b(s) = 0,623$  (para la superficie interna circumferencial en el cilindro).

**Table M.5 —  $M_m$  and  $M_b$  for circumferential internal surface flaw in cylinder**

$a/c = 1.0, B/r_1 = 0.1$					$a/c = 1.0, B/r = 0.2$				
$a/B$	$M_m(d)$	$M_b(d)$	$M_m(s)$	$M_b(s)$	$a/B$	$M_m(d)$	$M_b(d)$	$M_m(s)$	$M_b(s)$
0.0	0.663	0.663	0.729	0.729	0.0	0.663	0.663	0.729	0.729
0.2	0.667	0.574	0.681	0.623	0.2	0.667	0.582	0.681	0.623
0.4	0.670	0.327	0.706	0.528	0.4	0.670	0.334	0.706	0.528
0.6	0.686	0.140	0.733	0.431	0.6	0.686	0.117	0.733	0.431
0.8	0.702	-0.105	0.764	0.332	0.8	0.702	-0.099	0.764	0.332
$a/c = 0.5, B/r_1 = 0.1$					$a/c = 0.5, B/r = 0.2$				
0.0	0.896	0.896	0.697	0.697	0.0	0.896	0.896	0.697	0.697
0.2	0.999	0.731	0.731	0.628	0.2	1.004	0.735	0.731	0.628
0.4	1.031	0.504	0.801	0.563	0.4	1.030	0.503	0.801	0.563
0.6	1.121	0.306	0.889	0.502	0.6	1.124	0.305	0.889	0.502
0.8	1.148	0.014	0.993	0.445	0.8	1.192	0.027	0.993	0.445
$a/c = 0.2, B/r_1 = 0.1$					$a/c = 0.2, B/r = 0.2$				
0.0	1.059	1.059	0.521	0.521	0.0	1.059	1.059	0.521	0.521
0.2	1.168	0.870	0.617	0.623	0.2	1.144	0.851	0.617	0.623
0.4	1.375	0.736	0.835	0.591	0.4	1.318	0.698	0.835	0.591
0.6	1.599	0.561	1.048	0.556	0.6	1.517	0.515	1.048	0.556
0.8	1.803	0.269	1.255	0.519	0.8	1.782	0.253	1.255	0.519
$a/c = 0.1, B/r_1 = 0.1$					$a/c = 0.1, B/r = 0.2$				
0.0	1.103	1.103	0.384	0.384	0.0	1.103	1.103	0.384	0.384
0.2	1.219	0.921	0.482	0.487	0.2	1.214	0.903	0.482	0.487
0.4	1.529	0.829	0.700	0.498	0.4	1.382	0.776	0.700	0.498
0.6	1.939	0.677	0.981	0.525	0.6	1.661	0.624	0.981	0.525
0.8	2.411	0.479	1.363	0.570	0.8	2.031	0.386	1.363	0.570

Según la norma en cuestión, adoptamos un nivel de tensiones residuales  $Q_m = 30\%$  Tensión de fluencia  $\sigma_y$ .  
 Por lo tanto  $Q_m = 0,3 \times 2.671,66 \text{ Kg/cm}^2 = 801,498 \text{ Kg/cm}^2$

Conociendo la tensión de membrana  $\sigma_m$  y el nivel de tensiones residuales  $Q_m$ , determinamos la tensión máxima de tracción  $\sigma_{\text{máx}}$ .

$$\sigma_{\text{máx}} = M_m(d) \sigma_m + Q_m$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 1,168 \times 1.049,639 \text{ Kg/cm}^2 + 801,498 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 2.027,47 \text{ Kg/cm}^2 = 198,827 \text{ MPa}$$

Efectuando la siguiente relación de tensiones, tenemos :

$$S_r = \sigma_{\text{máx}} / \sigma_y = 2.027,47 \text{ Kg/cm}^2 / 2.671,66 \text{ Kg/cm}^2 = 0,758$$

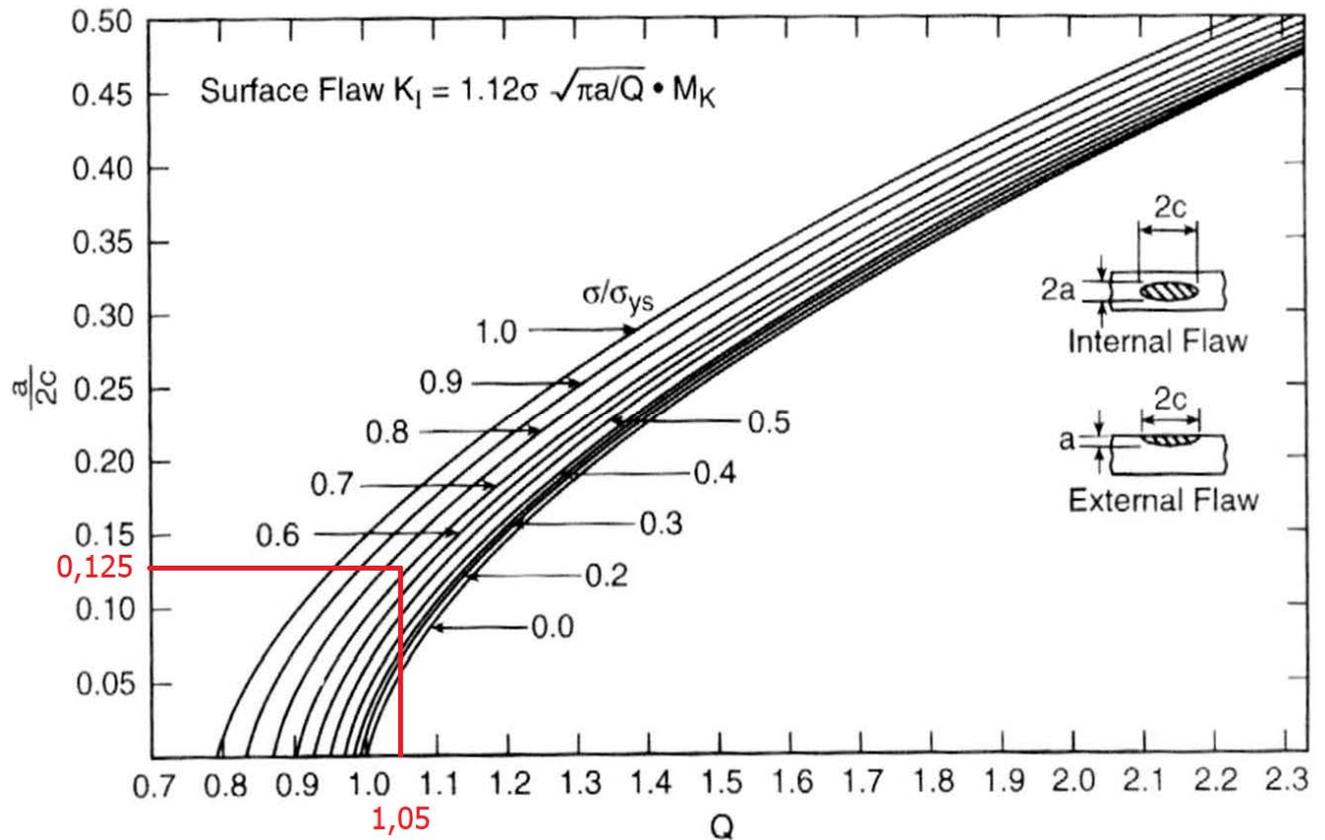
Para una fisura semielíptica superficial, el factor de intensidad de tensiones aplicado  $K_1$  es :

$$K_1 = 1.12 M_K \sigma \sqrt{\frac{\pi a}{Q}}$$

Donde  $Q$  es el factor de forma de la fisura y  $M_K$  un factor que depende de la relación  $a/t$ , siendo  $t$  el espesor del componente o elemento de estructura, siendo  $\sigma$  la tensión aplicada.

Teniendo como dato lo siguiente :

$$5/2c = 5 \text{ mm} / 40 \text{ mm} = 0,125$$



Obtenemos el factor de forma Q para una fisura elíptica, cuyo valor numérico es  $Q = 1,05$

Adoptando  $M_k = 1$ , calculamos el factor de intensidad de tensiones aplicado  $K_I$  :

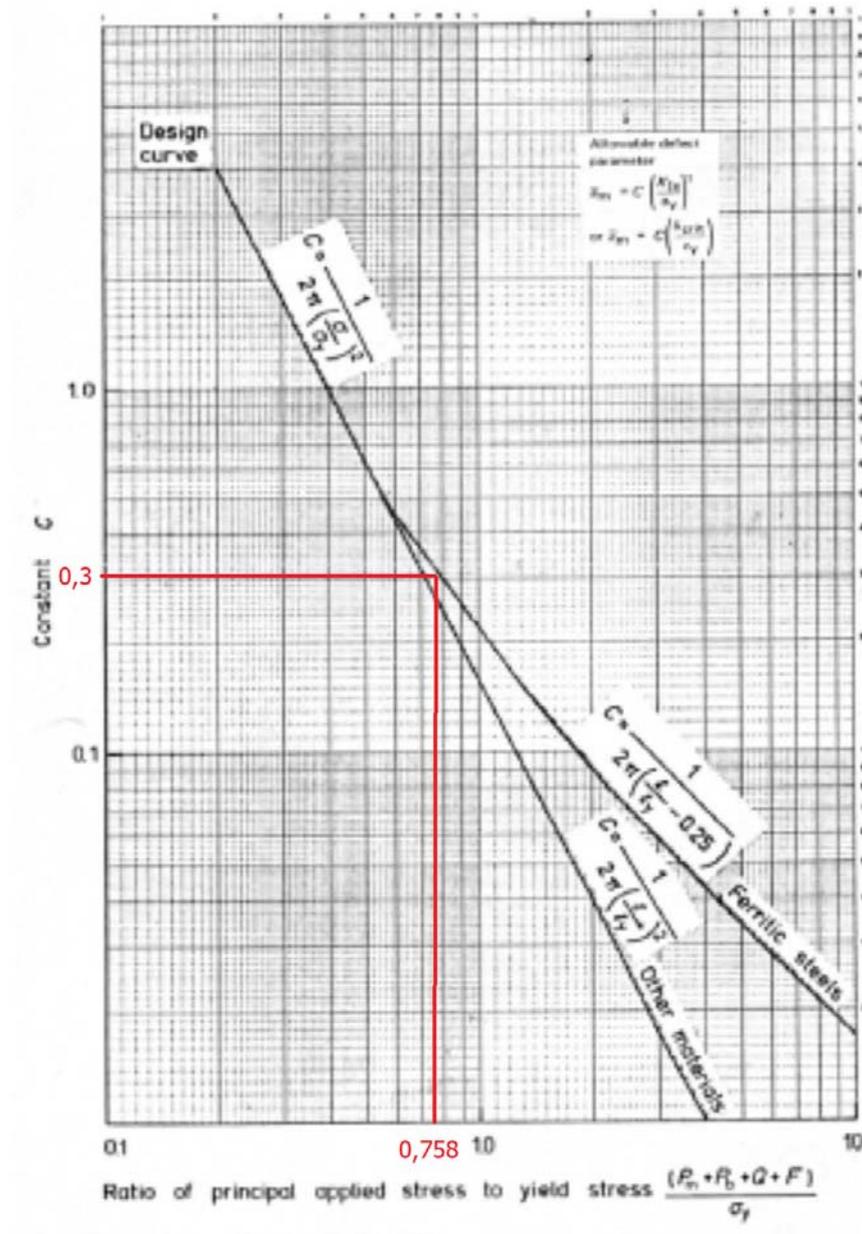
$$K_I = 1.12 M_K \sigma \sqrt{\frac{\pi a}{Q}}$$

$$K_I = 1,12 \cdot 198,827 \text{ MPa} \sqrt{\frac{\pi \cdot 0,005 \text{ m}}{1,05}}$$

$$K_I = 27,236 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

Teniendo en consideración la relación de cargas entre la tensión de membrana más las tensiones residuales en relación a la tensión de fluencia

$$S_r = \sigma_{\text{máx}} / \sigma_{ys} = 2.027,47 \text{ Kg/cm}^2 / 2.671,66 \text{ Kg/cm}^2 = 0,758$$



Obtenemos el valor de la constante  $C = 0,3$  (cuyo valor numérico depende del tipo de material).

#### CTOD del Material :

Según ensayos de Laboratorios realizados según la Norma BS EN ISO 15653, se determinó el valor de la fuerza impulsora para el material SA 516 Gr. 70, cuyo valor es de  $G = 72,59 \text{ KJ/m}^2$  para la condición de estado plano de tensión.

$$\delta = K^2 / \sigma_y E \quad (\text{para estado plano de tensión})$$

$$\text{Siendo : } K^2 / E = G$$

$$\delta = G / \sigma_y = \frac{72.590 \text{ N m}}{\text{m}^2} \frac{\text{mm}^2}{262 \text{ N}} \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$\delta = 0,277 \text{ mm}$$

Conociendo el CTOD del Material, calculamos el K1c (tenacidad a la fractura del material).

$$\delta_{1c} = K_{1c}^2 / \sigma_y E$$

$$K_{1c} = \sqrt{\delta_{1c} \sigma_y E}$$

$$K_{1c} = \sqrt{0,277 \text{ mm} \cdot 262 \text{ N/mm}^2 \cdot 205.939,65 \text{ N/mm}^2}$$

$$K_{1c} = 3.865,98 \text{ N mm}^{-3/2}$$

$$K_{1c} = 3.865,98 \text{ N mm}^{-3/2} \cdot \frac{1 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}}{31,623 \text{ N mm}^{-3/2}}$$

$$K_{1c} = 122,252 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$$

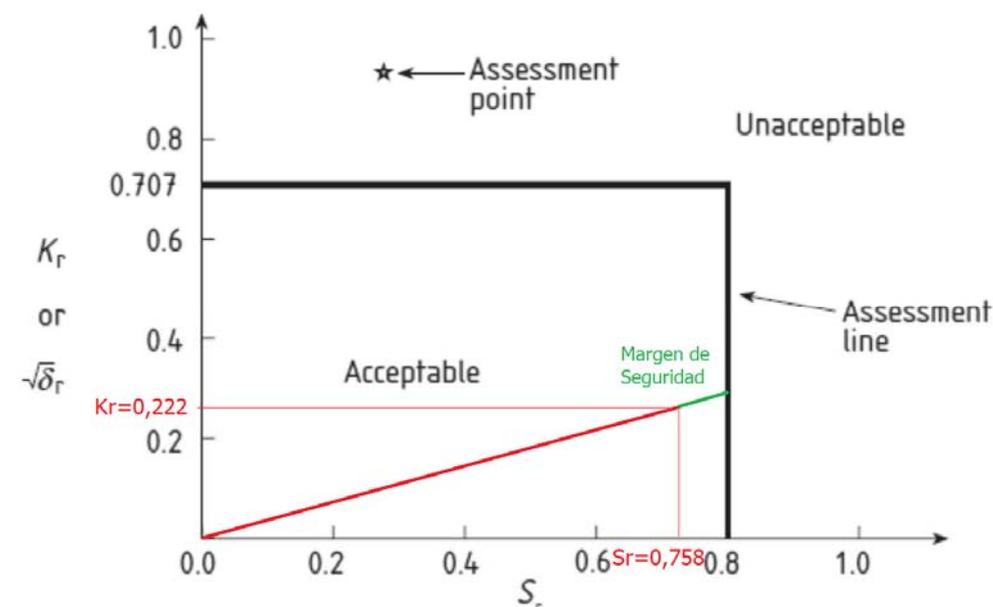
Con estos datos, procedemos a calcular Kr, mediante la siguiente relación :

$$K_r = K_1 / K_{1c} =$$

$$K_r = \frac{27,236 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}}{122,252 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}}$$

$$K_r = 0,222$$

De acuerdo a las relaciones obtenidas, construimos el diagrama FAD, en donde visualizamos que en nuestro caso en estudio, las cargas actuantes representadas en el diagrama por una coordenada, se encuentra en la zona segura o aceptable. También nos es de gran utilidad la confección de dicho diagrama, para determinar de manera fehaciente el margen de seguridad hasta alcanzar la rotura.



Luego calculamos el tamaño equivalente de fisura crítica, denominado  $\bar{a}$  :

$$\bar{a} = c (K1c / \sigma_y)^2$$

$$\bar{a} = 0,3 \left( 122,252 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}} / 262 \text{ MPa} \right)^2$$

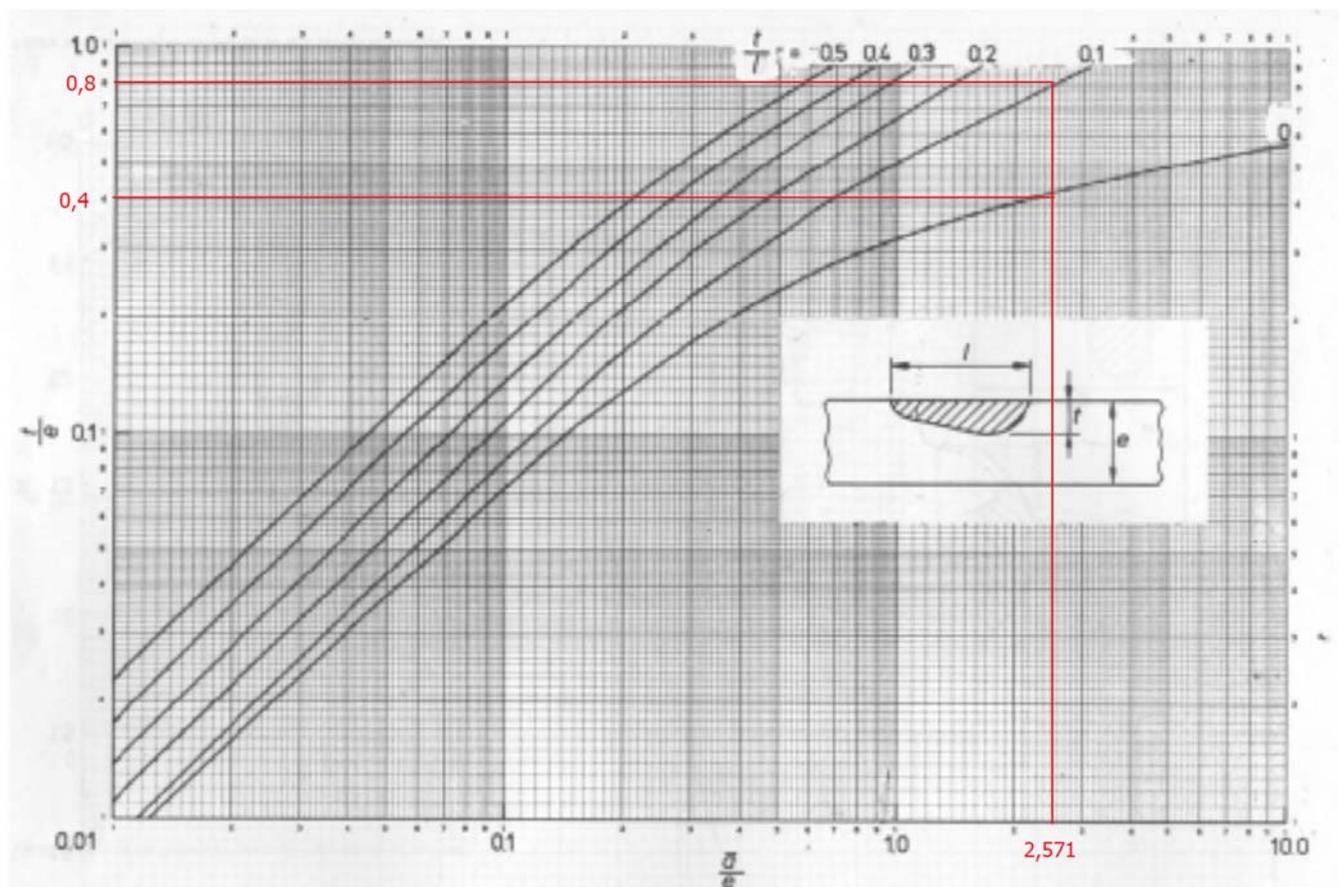
$$\bar{a} = 0,06531 \text{ m} = 65,31 \text{ mm}$$

Utilizando los gráficos correspondientes, a partir de la relación  $\bar{a}/e$  y a su vez  $t/l$ , logramos graficar una curva profundidad de defecto ( $t$ ) en función de longitud de defecto ( $l$ ), que nos resultará útil para la inspección.

A partir de definir el tamaño de fisura crítica  $\bar{a}$ , que corresponde a un defecto superficial parcialmente pasante, donde vamos a tener  $t$  (profundidad máxima de fisura) y  $l$  (largo máximo de fisura), siendo  $e$  (espesor), determinamos la siguiente relación :

$$\bar{a} / e = 65,31 \text{ mm} / 25,4 \text{ mm} = 2,571$$

Del gráfico que se visualiza a continuación, observamos que si ascendemos con una recta y cortamos esta familia de curvas (que están graduadas en función de  $t/l$ ), en cada punto de intersección vamos a obtener diferentes relaciones  $t/l$ , que corresponden en ordenadas con una relación  $t/e$ .



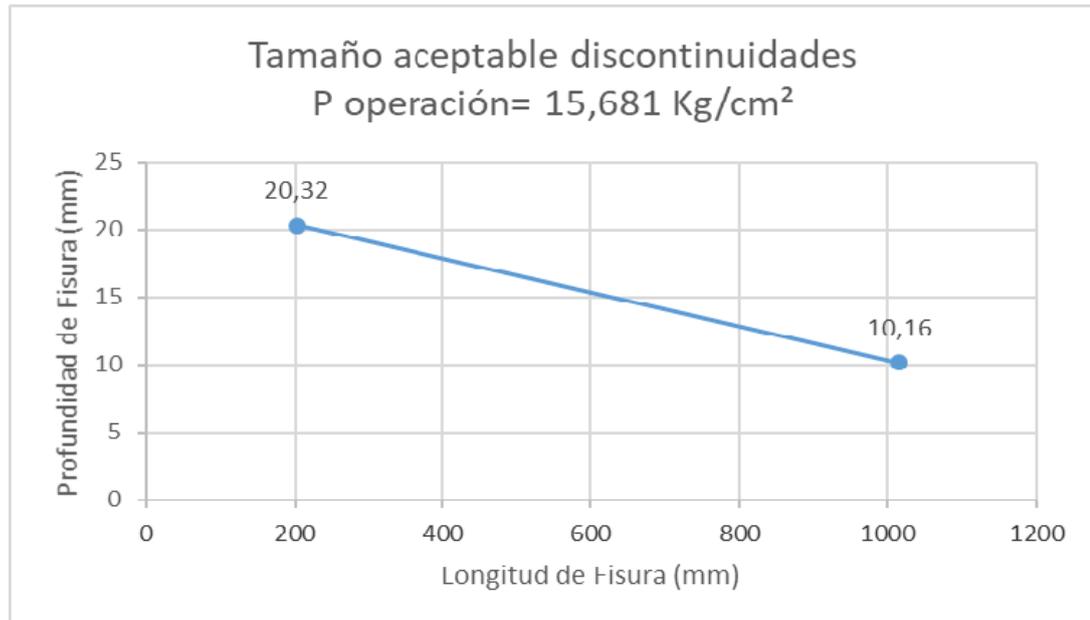
Los datos obtenidos del gráfico, para la relación  $\bar{a} / e = 2,571$ , en función de las distintas relaciones  $t/l$ , son las siguientes :

$$t/l = 0,01 \text{ , corresponde a la relación } t/e = 0,4$$

$$t/l = 0,1 \text{ , corresponde a la relación } t/e = 0,8$$

Estos datos nos permiten construir las curvas profundidad de defecto en función de la longitud de defecto ( $t/l$ ) para las 2 condiciones de cargas diferentes. Estas curvas nos van a permitir tener una herramienta para futuras inspecciones, de manera tal que cuando relevo el resultado  $t/l$ , ubicarla en el diagrama y corroborar que dicha

coordenada se encuentre por debajo de la curva (dentro del entorno de seguridad). De esta manera podemos evaluar cual es el margen de seguridad con respecto a la inestabilidad (sobre la recta).



## 10.- Conclusiones finales

A lo largo de los años, el diseño de recipientes cilíndricos soportado sobre cunas se ha basado en el análisis de diseño propuesto por Zick (1951).

En un recipiente horizontal cilíndrico, la tensión circunferencial máxima ocurre en los cuernos de la cuna, simplemente debido a la discontinuidad estructural entre el cuerpo cilíndrico y el soporte.

Los resultados obtenidos con el Método de Elementos Finitos predicen los encontrados por L. S. Ong y se diferencian en el resultado del método de Zick, dependiendo el grado de rigidez que presente la cuna, lo cual señala la necesidad de rever dicho procedimiento utilizado para el diseño.

En la zona en estudio en la cual se calcula la tensión circunferencial en los cuernos de la cuna se puede exceder el límite elástico, sin embargo no se ha alcanzado la plastificación de la sección. Por lo tanto, no se produciría ninguna falla, pero debemos tener en consideración que aunque el pico de tensión en los cuernos de la cuna no es inmediatamente perjudicial para la integridad del recipiente, tiene un efecto a largo plazo sobre la fatiga del equipo, las cuales podrían generar fisuras debido a las tensiones localizadas.

Para un recipiente que ha estado en servicio durante muchos años y sometido a ciclos de cargas fluctuantes, una evaluación del equipo será necesario para certificar su aptitud para el servicio o en algunos casos extender la vida útil. En estos casos para predecir la tensión máxima circunferencial en los cuernos de la cuna, un método confiable es la aplicación de la ecuación paramétrica propuesta por Ong.

En una situación en la que se requiere un análisis tensión circunferencial de un recipiente en la zona de los cuernos de la cuna, la teoría de Zick sería inapropiada ya que no puede proporcionar un valor de tensión pico preciso. En este caso, la ecuación paramétrica propuesta por Ong se volvería útil.

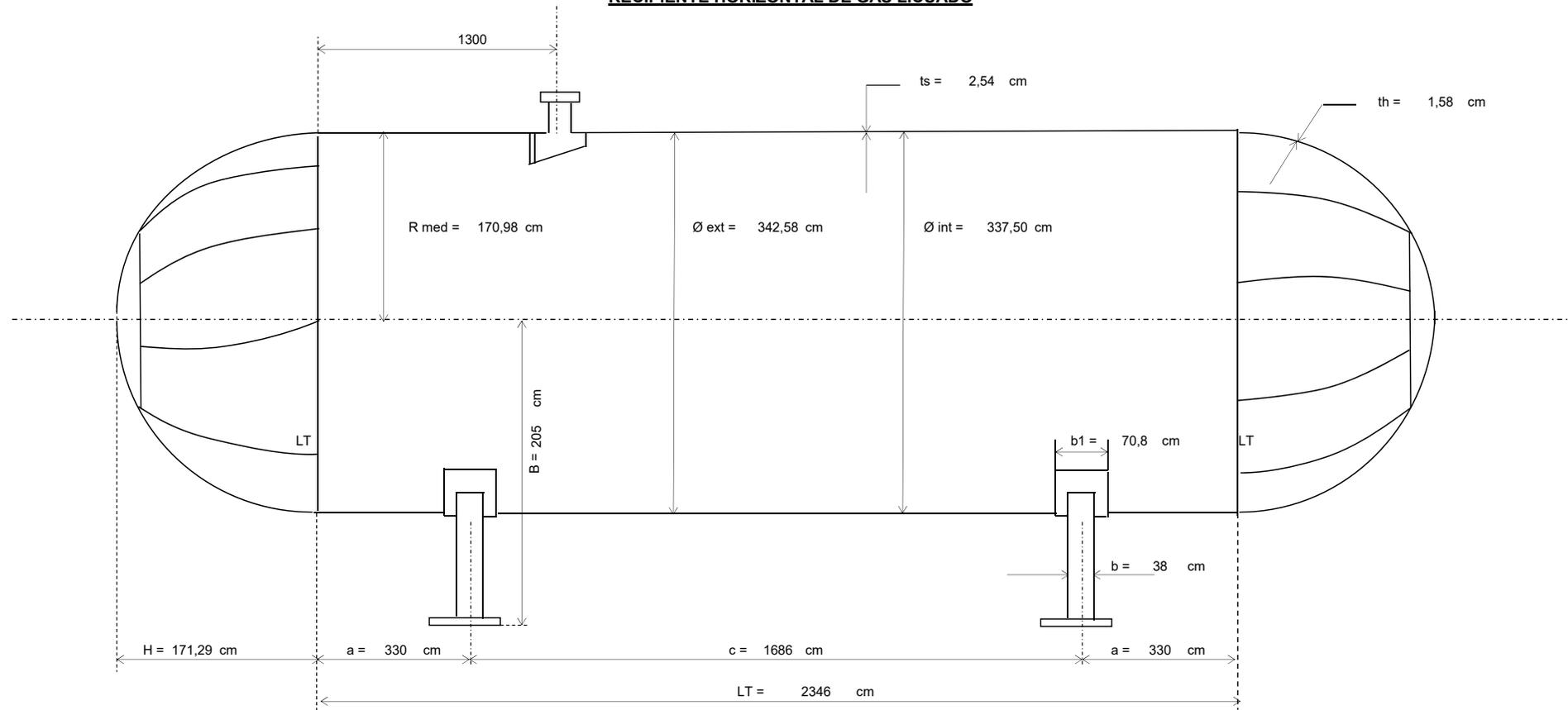
En general, la falla por la tensión mencionada anteriormente no es un problema para la mayoría de los recipientes a presión, debido a que el procedimiento de diseño estático provee un grado de conservadurismo. A pesar de eso, para recipientes más antiguos y aquellos solicitados a cargas cíclicas constantes, puede ser necesario una evaluación precisa del estado tensional al cual está siendo sometido el equipo. Debemos destacar en el estudio proporcionado por el investigador Ong que la tensión circunferencial objeto de nuestro estudio, puede reducirse drásticamente mediante un diseño adecuado de placa de desgaste en cuanto a dimensiones y extensión del ángulo de contacto o de abrace entre la envolvente y la cuna, cuya reducción de tensiones asociadas puede ser determinado a partir de las curvas paramétricas proporcionadas por el investigador.

Entendemos que los resultados obtenidos a través del Método de Elementos Finitos nos permite rever y verificar, tanto en el diseño como en aquellos equipos que se encuentran en servicio, su integridad estructural.

Si bien el procedimiento de diseño estático provee un grado de conservadurismo y teniendo en cuenta que los recipientes a presión se inspeccionan de forma periódica verificando su integridad estructural en servicio, se debe considerar el riesgo que representa para el equipo, especialmente en estos tipos de recipientes de grandes diámetros, que operan en condiciones extremas de integridad y seguridad, por lo cual un estudio estructural como el presentado permite conocer el verdadero comportamiento de dicha unión y en caso de necesidad diseñar los refuerzos adecuados para evitar una falla y sobre todo en aquellos equipos que se encuentran un tiempo prolongado en servicio, ya que la pérdida de espesor por corrosión a través de los años puede precipitar la falla para un espesor reducido.

## 11.- Figuras

**RECIPIENTE HORIZONTAL DE GAS LICUADO**



**Nomenclatura :**

$\varnothing_{ext}$  – Diámetro exterior del equipo

$\varnothing_{int}$  – Diámetro interior del equipo

$ts$  – Espesor envuelta

$th$  – Espesor cabezales

$R_m$  – Radio medio

$LT$  – Longitud entre tangentes

$a$  - Distancia entre la línea de tangencia y el centro de la cuna

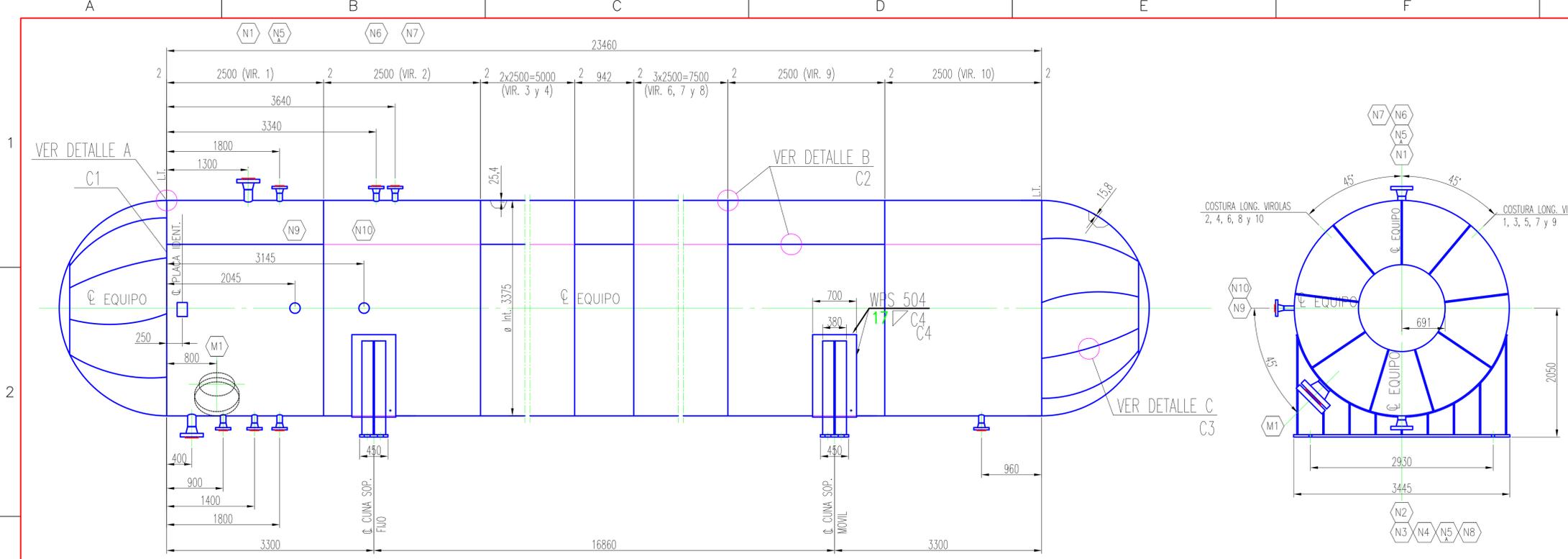
$b$  – Ancho de las cartelas de la cuna

$b_1$  – Ancho de la placa de desgaste

$c$  – Distancia entre cunas

$B$  – Altura entre la placa base y el centro del recipiente

$H$  – Altura del cabezal



### CONEXIONES

POS	CANT	Ø	SCH	SERVICIO	TIPO	SERIE	PROY mm.	OBSERV.
N1	1	4"	80	ENTRADA DE LPG	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N2	1	8"	80	SALIDA DE LPG	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N3	1	4"	80	RETORNO DE LPG	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N4	1	3"	80	VALV. DE SEGURIDAD	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N5	2	3"	80	BRIDLE	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N6	1	2"	80	CONEX. PLACA RUPTURA	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N7	1	2"	80	VENTEO	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N8	1	2"	80	DRENAJE	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N9	1	2"	80	TERMOMETRO	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
N10	1	2"	80	MANOMETRO	WNRF	150#	1913	C/ REFUERZO
M1	1	20"	ESP 5/8"	ENTRADA DE HOMBRE	WNRF	150#	1963	C/ BRIDA CIEGA Y REFUERZO

### MATERIALES

ENVUELTA	A-516 GR. 70	ACCESORIOS	A-234 WPB
CABEZALES	A-516 GR. 70	JUNTAS	KLINGERIT
CUNAS	A-36	CUPLAS	A-105
BRIDAS	A-105 GR. B	ESPARRAGOS / TUERCAS	A-193
NIPLES	A-106 GR. B		
REFUERZOS CONEX.	A-516 GR. 70		

### DATOS DE DISEÑO

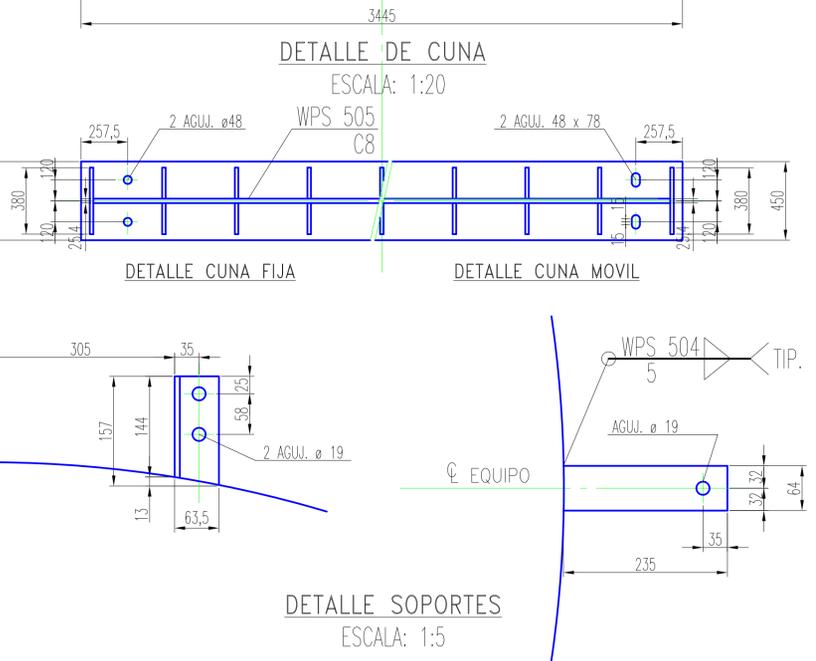
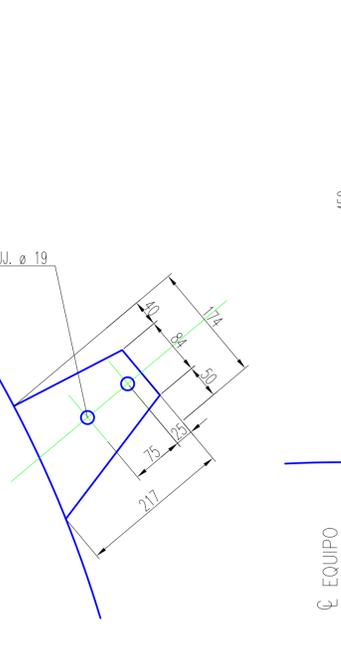
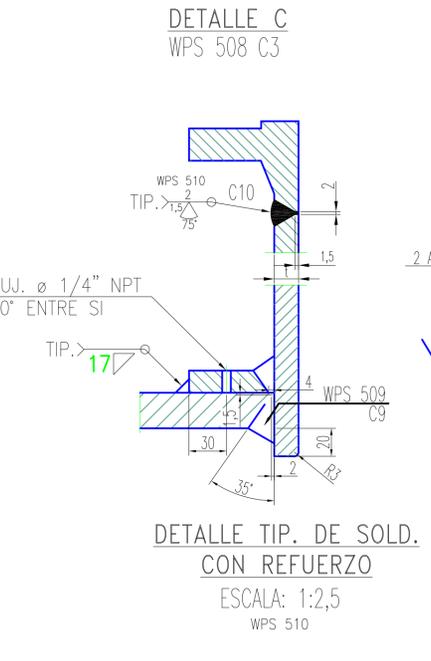
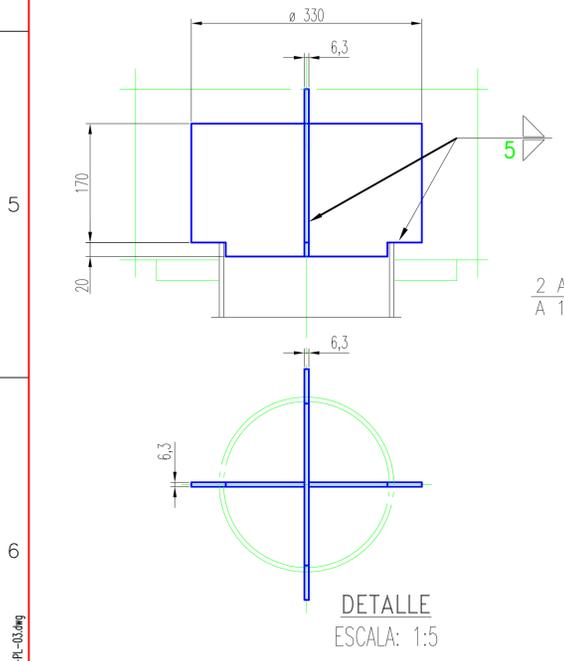
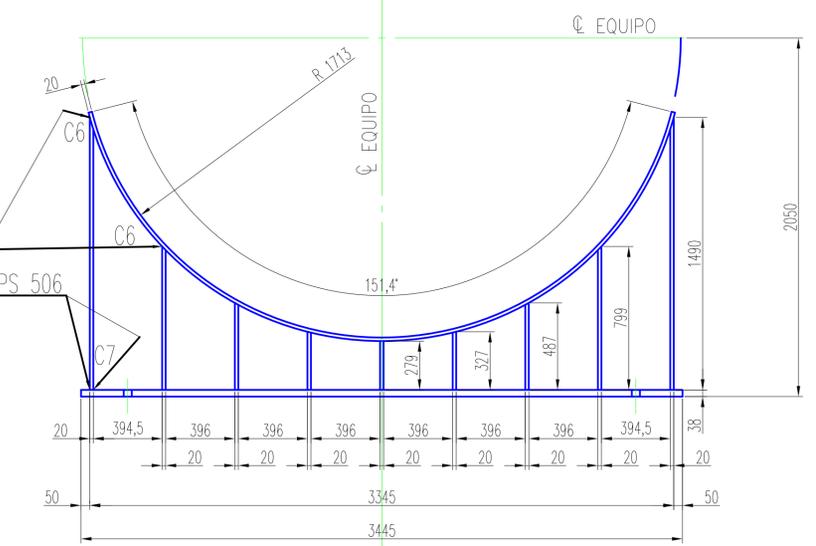
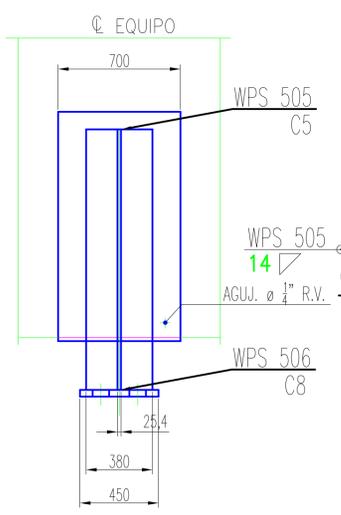
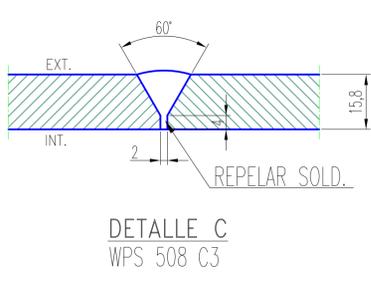
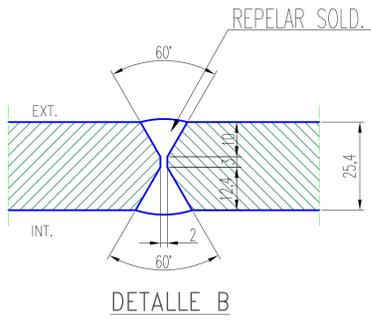
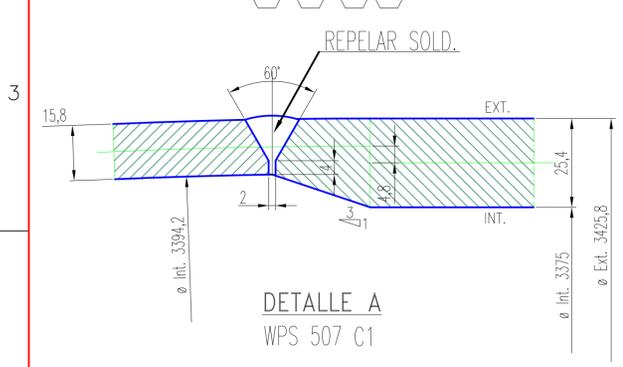
CODIGO DE DISEÑO	ASME VIII-DIV. I EDICION 2021
SERVICIO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO LPG
CAPACIDAD	227 M3
PRESION DE DISEÑO	17,25 KG/CM2
TEMPERATURA DE DISEÑO	66 °C
ESPESOR POR CORROSION	1,27 mm
PESO VACIO	63,5 TN
PESO LLENO DE AGUA	289 TN
ESPESOR ENVUELTA	25,4 mm
ESPESOR CABEZALES SEMIESFERICO	15,8 mm
RADIOGRAFIADO	FULL
VIENTO	CIRSOC 102
SISMO	CIRSOC 103
NIEVE	SOBRECARGA 75 KG/M2
TERMINACION EXTERIOR	SUPERFICIES ARENADAS
PINTURA EXTERIOR	APLICACION ANTIOXIDO CARBOLINE 858/890

### PLANOS COMPLEMENTARIOS

PLACA DE IDENTIFICACION	REC-LPG-002-2022
DETALLE DE ENTRADA DE HOMBRE	REC-LPG-003-2022
DETALLE DE BRAZO PESCANTE LATERAL	REC-LPG-004-2022

NOTAS :

- 1- LAS BRIDAS SERAN SEGUN ANSI B 16.5 Y SE SOLDARAN CON LOS AGUJEROS PARA BULONES A HORCAJADAS DE LOS EJES PRINCIPALES
- 2- LAS PROYECCIONES INDICADAS EN LA LISTA DE CONEXIONES ESTAN TOMADAS DE CARA DE BRIDA AL CL DEL EQUIPO
- 3- EFECTUAR AGUJEROS PARA VENTEO ø 6 mm EN CHAPAS DE REFUERZOS



REV.	DENOMINACION	FECHA	D.F.	H.S.	H.S.
0		30/01/22			

INGENIERIA BASICA POR: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Haedo

PROYECTO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO LPG CAP.: 227 M3

TITULO: CONJUNTO Y DETALLES

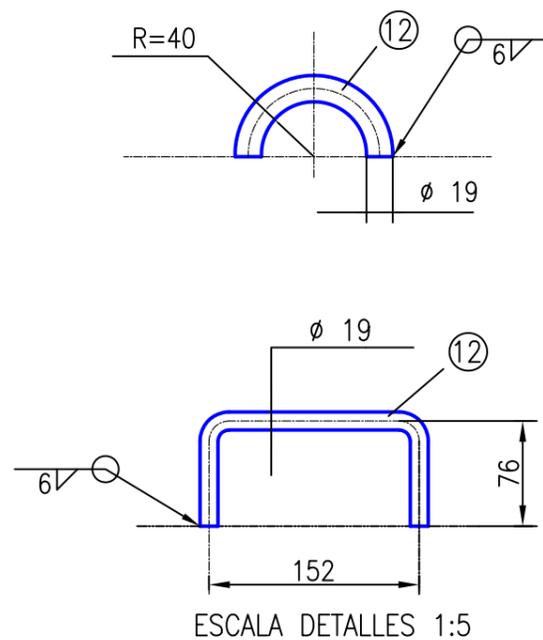
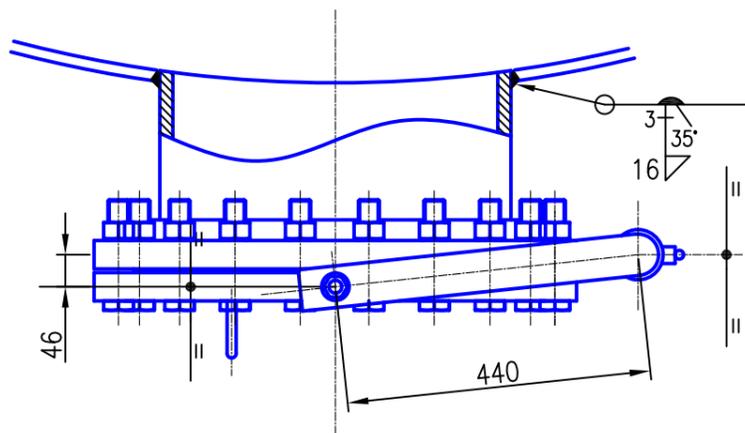
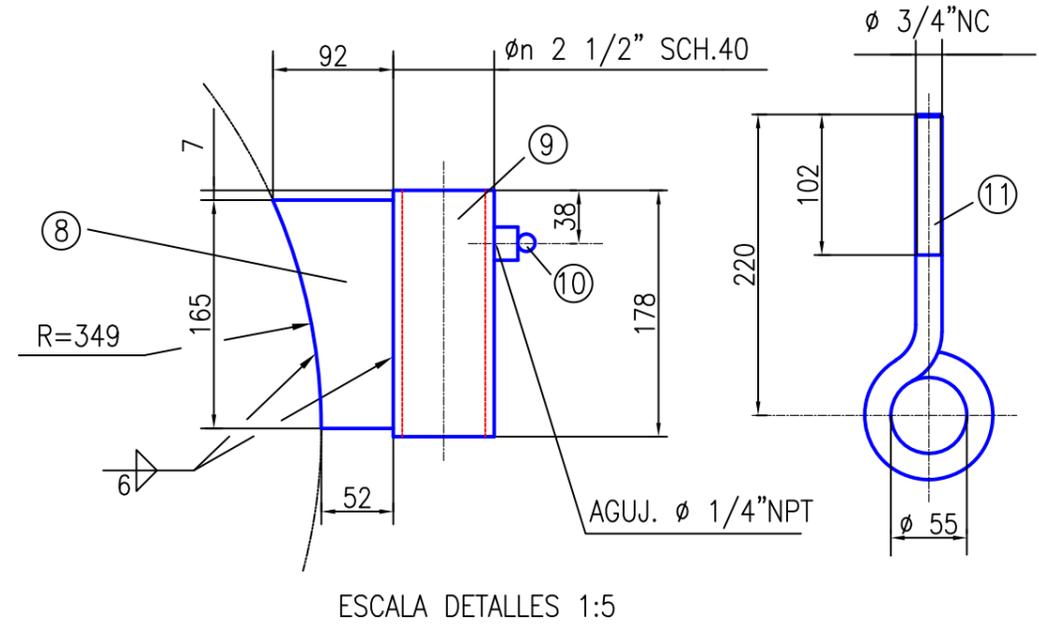
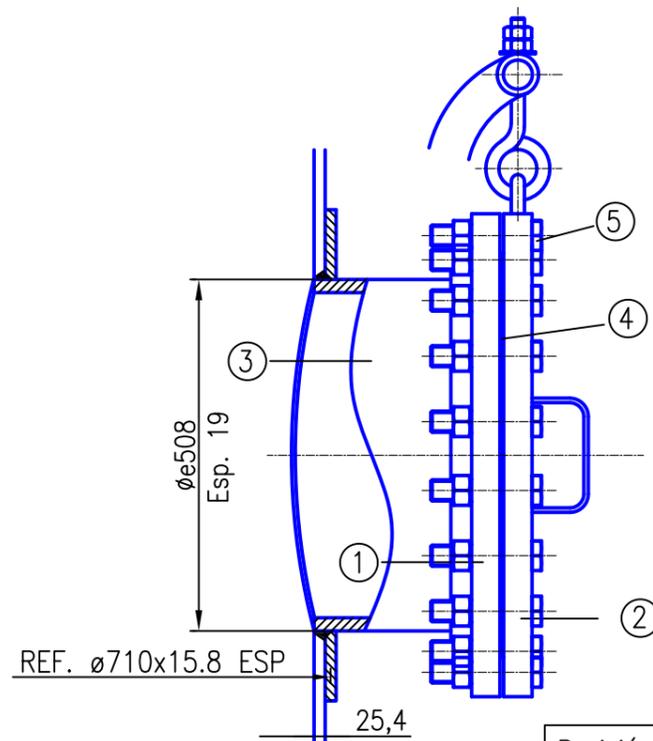
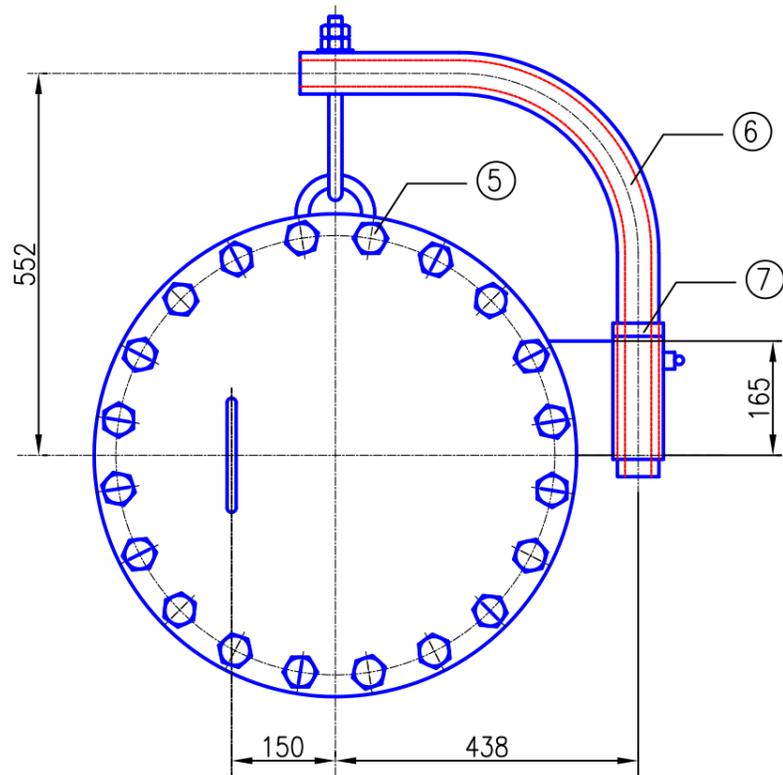
DOC. N°: REC-LPG-001-2022

REVISION: 0

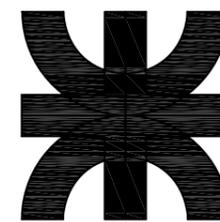
ESCALA: 1:40

HORA 1 DE 1

## 12.- Anexos



Posición	Descripción	Calidad del Material
1	BRIDA SORF $\phi_n$ 20" 150#	SA-105
2	BRIDA CIEGA $\phi_n$ 20" 150# RF	SA-105
3	CH. $\neq$ 15,8 x 1536 x 280	SA-516 Gr 70
4	JUNTA P/BRIDA $\phi_n$ 20" 150# ESPIRALADA	316SS
5	BULON M30 x 165 long. (Cant. 20 unidades) TUERCAS HEXAGONALES M30 (Cant. 20 unidades)	SA-193 B7 SA-194 2H
6	CAÑO $\phi_n$ 2" SCH XXS x 963	SA-53 Gr B
7	CAÑO $\phi_n$ 2 1/2" SCH 40 x 19 long.	SA-53 Gr B
8	CH. $\neq$ 12,7 x 92 x 165	SA-36
9	CAÑO $\phi_n$ 2 1/2" SCH 40 x 178 long.	SA-53 Gr B
10	ENGRASADOR "ALEMITE" $\phi$ 1/4" NPT MACHO	CALIDAD COMERCIAL
11	RED. $\phi$ 19 x 406 des.(c/2 tcas $\phi$ 3/4" W y arand. plana)	AC. CALID. COM.
12	REDONDO $\phi$ 19	AC. CALID. COM.

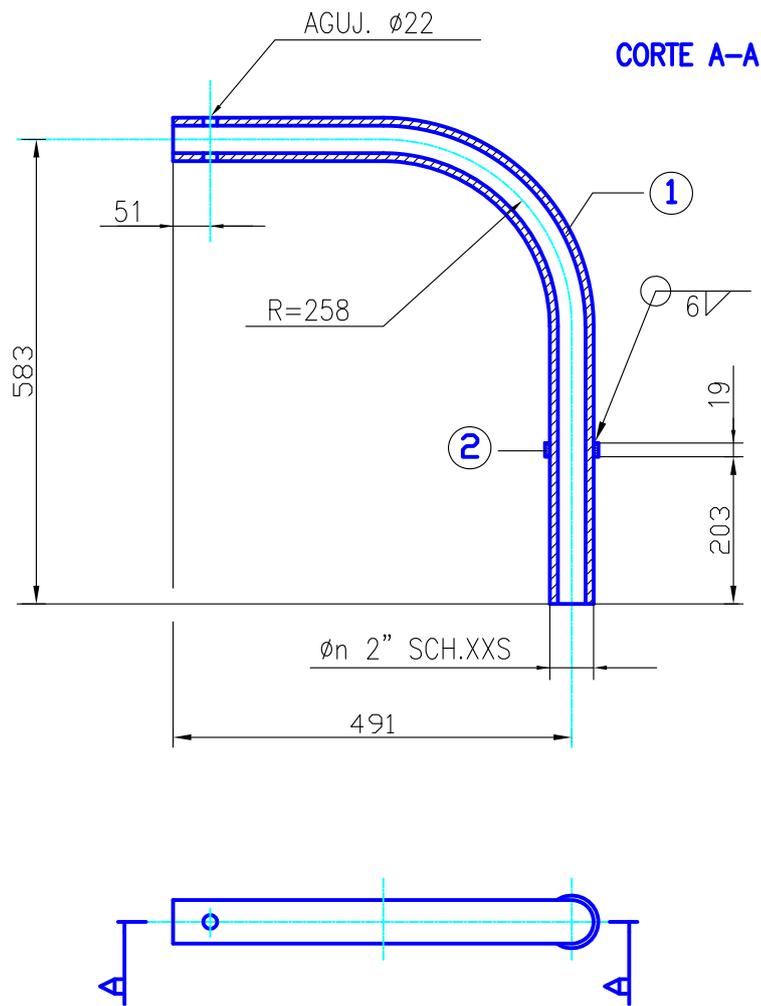


CLIENTE: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL HAEDO  
OBRA: DISEÑO DE RECIPIENTES CONTENEDORES DE PRESIÓN

TÍTULO : **ENTRADA DE HOMBRE**

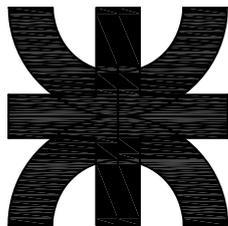
RECIPIENTE CONTENEDOR DE GAS LICUADO

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	REV.	SOLD.	J.S.	DIB.	REV.	J. ING.	ESCALA	PLANO NUMERO
0	31/1/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION				FIRMA	D.L.F.		1:10	REC-LPG-003-2022
						FECHA	31/1/22	31/1/22		REV. 0



Posición	Descripción	Calidad del Material
1	CAÑO ø n 2" SCH XXS x 963	SA-53 Gr B
2	CAÑO ø n 2 1/2" SCH 40 x 19 long.	SA-53 Gr B

REV.	FECHA	DESCRIPCION	REV.	SOLD.	J.S.
0	31/1/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION			



CLIENTE: *UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL HAEDO*  
 OBRA: *DISEÑO DE RECIPIENTES CONTENEDORES DE PRESION*

TITULO :  
**BRAZO PESCANTE**  
*RECIPIENTE CONTENEDOR DE GAS LICUADO*

FIRMA	DIB.	REV.	J. ING.	ESCALA	PLANO NUMERO
	D.L.F.	H.S.		1:10	REC-LPG-004-2022
FECHA	31/1/22		31/1/22		REV. 0



### 13.- Referencias

1. Revisión del diseño de recipientes contenedores de presión. Análisis de falla en los extremos de la cuna. Su evaluación utilizando el método de elementos finitos. Héctor C. Sanzi y Mariano A. Imperiale - Grupo de Ingeniería Estructural, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo París 532 Haedo (1706) - Buenos Aires Argentina.
2. L.S.ONG(1995) : "Peak Stress and Fatigue Assessment of the Saddle Support of a Cylindrical Vessel", Journal of Pressure Vessel Technology. Vol. 117 Pág. 305/11
3. Metodo de Zick (1951)
4. Manual de Recipientes a Presión – Eugene F. Megyesy
5. Programa de elementos finitos ANSYS 2021 R2 "Versión Student"