

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DE LA TENDENCIA DEL ESFUERZO DE REFERENCIA

A1.1 Determinación de la tendencia del esfuerzo de referencia – Fisura transversal

La obtención de la tendencia que presenta la ubicación del esfuerzo de referencia en función de las dimensiones de la fisura transversal semi-elíptica, se realizó evaluando la tubería afectada por una serie de fisuras, las cuales se encontraban relacionadas por el coeficiente de sus dimensiones ($\frac{c}{a} = 3$).

De los casos evaluados se obtuvieron los esfuerzos perpendiculares al plano de la fisura y sus variaciones de los mismos en sentido radial, tal como se aprecia en la Figura A.1,

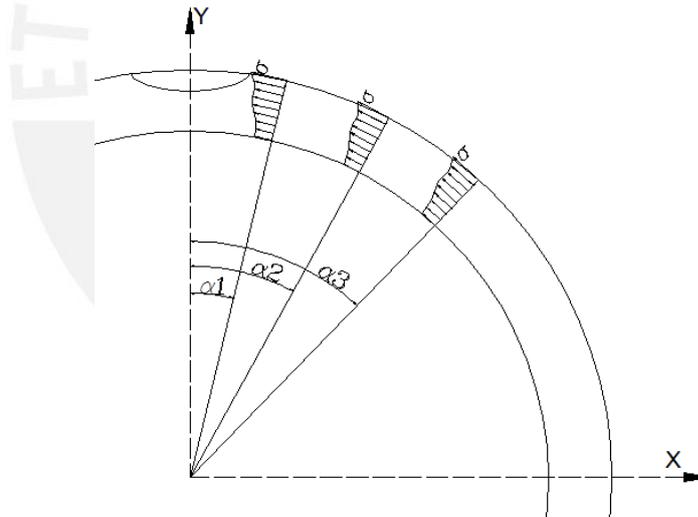


Figura A.1 Esfuerzos normales al plano de la fisura

Realizado lo anterior y para diferentes valores de α se hallaron los valores máximos, los cuales a su vez fueron consignados en una gráfica, tal como se puede apreciar en la Figura A.2.

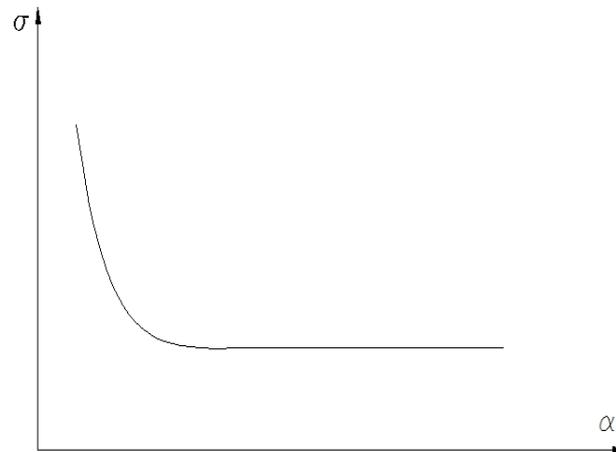


Figura A. 2 Esfuerzos máximos en función del ángulo α

Teniendo en cuenta lo mencionado se procedió con la ayuda de la simulación del MEF a la obtención de las gráficas para los siguientes casos, descritos en la Tabla A.1

Presión (MPa)	a (mm)	c (mm)	a/c
12.459	0.1	0.6	3
12.459	0.15	0.9	3
12.459	0.2	1.2	3
12.459	0.25	0.75	3

Los esfuerzos perpendiculares al plano de la fisura fueron, para cada valor de α , obtenidos tal como se muestra en la Figura A.2 y plasmados en gráficos donde se aprecia la variación de los mismos en la dirección radial.

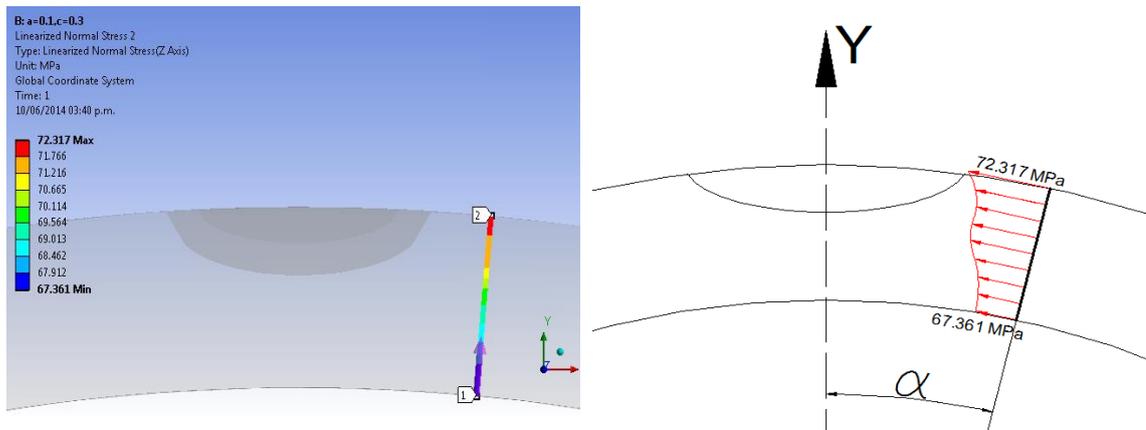


Figura A. 2 Esfuerzos normales obtenidos mediante la simulación del MEF

Hallados los esfuerzos máximos para cada valor de α , se procedió a la obtención de los gráficos $\sigma_{max} - \alpha$, en cada caso evaluado, dichos gráficos se presentan a continuación

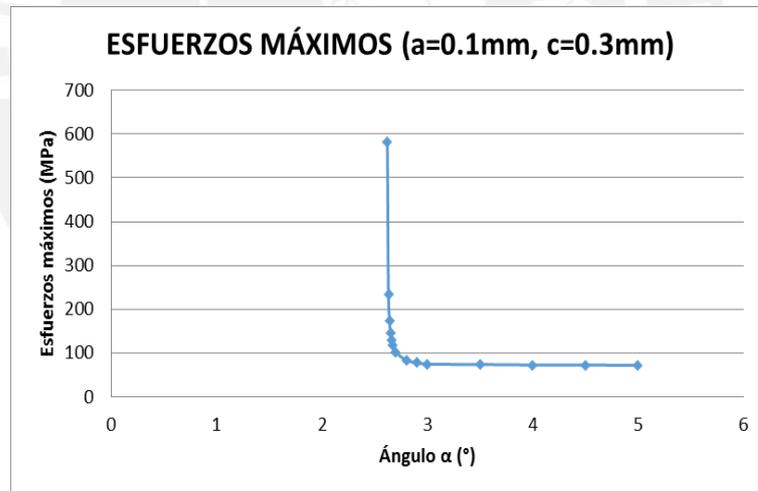


Figura A.3 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función del ángulo α ($a=0.1\text{mm}$, $c=0.3\text{mm}$)

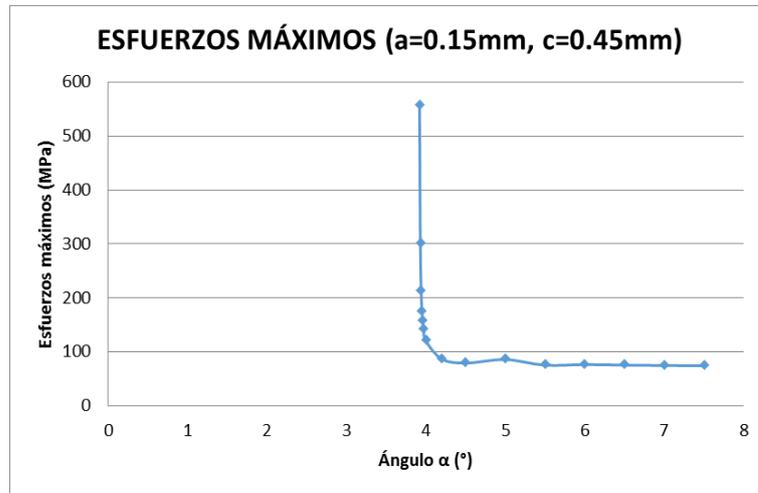


Figura A.4 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función del ángulo α (a=0.1mm, c=0.3mm)

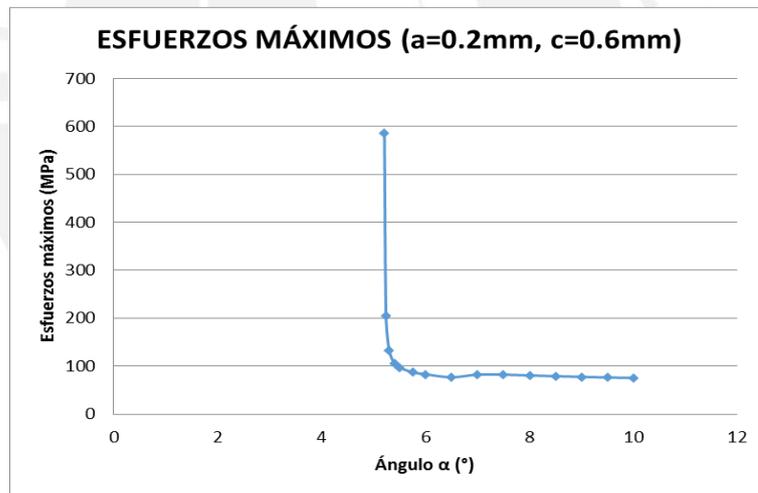


Figura A.5 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función del ángulo α (a=0.2mm, c=0.6mm)

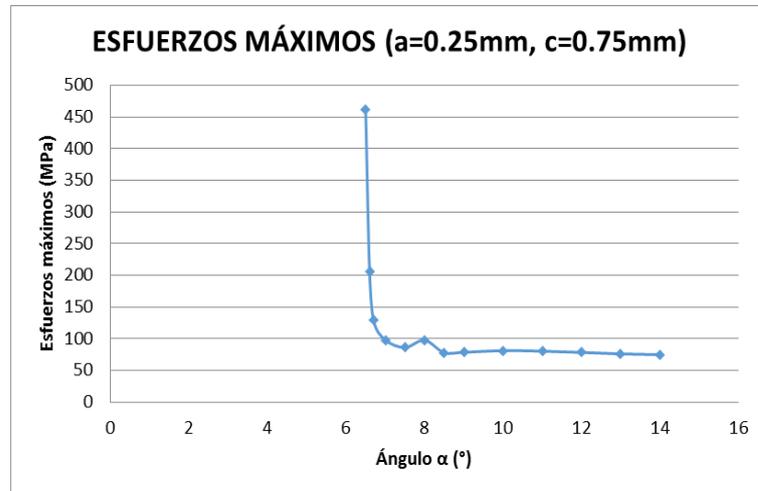


Figura A.6 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función del ángulo α (a=0.2mm, c=0.6mm)

Obtenidos los gráficos se procedió al hallazgo de la tendencia que posee el ángulo α en función de la semi-longitud de fisura (c). Para tal fin se obtuvieron, en base a las expresiones dadas por la norma API 579, los esfuerzos de referencia para cada caso evaluado; obtenidos los esfuerzos y empleando los gráficos $\sigma_{max} - \alpha$, se halló el ángulo α que ubica el esfuerzo de referencia en cada caso.

A continuación se presentan en la Tabla A.2, para cada caso, los esfuerzos de referencia y sus correspondientes ángulos α .

Tabla A. 2 Esfuerzos de referencia obtenidos mediante la norma API 579 y sus respectivos ángulos α hallados a través de los gráficos $\sigma_{max} - \alpha$

a(mm)	c(mm)	a/c	σ_{ref} (MPa)	α (°)	α (rad)
0.1	0.3	3	88.69	2.8	0.04886933
0.15	0.45	3	89.194	4.2	0.073304
0.2	0.6	3	89.891	5.75	0.10035667

Hallados los ángulos que ubican los esfuerzos de referencia, se procedió a la obtención del gráfico $\alpha - c$ (Figura A.7), tal como se aprecia a continuación.

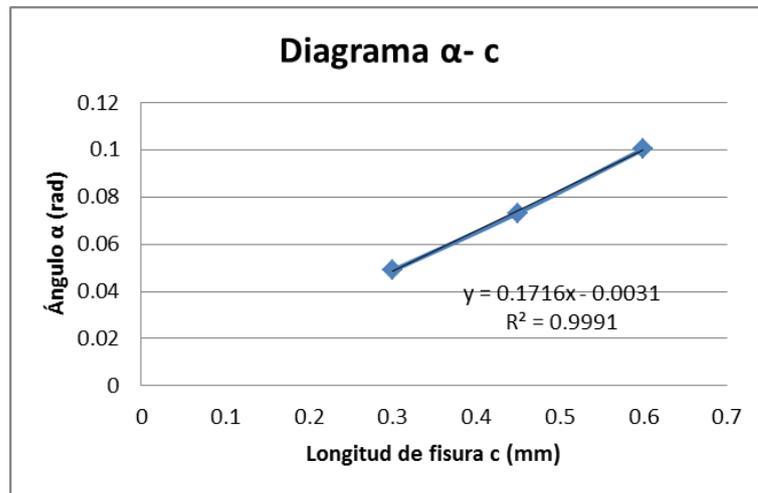


Figura A.7 Gráfico α - c hallado

Obtenida la tendencia, se procedió a hallar el ángulo que ubica el esfuerzo de referencia (σ_{ref}) para el caso $a=0.25mm$, $c=0.75mm$; obteniéndose un $\alpha = 0.125664 rad$. Dicho valor se empleó conjuntamente con la gráfica $\sigma_{max} - \alpha$ (Figura A.6) con la finalidad de hallar el esfuerzo de referencia buscado, obteniéndose un esfuerzo igual a $90.759 MPa$.

A.1.2 Determinación de la tendencia del esfuerzo de referencia – Fisura

longitudinal

La obtención de la tendencia que presenta la ubicación del esfuerzo de referencia en función de las dimensiones de la fisura longitudinal semi-elíptica, se realizó evaluando la tubería afectada por una serie de fisuras, las cuales se encontraban relacionadas por el coeficiente de sus dimensiones ($c/a=2$).

De los casos evaluados se obtuvieron los esfuerzos perpendiculares al plano de la fisura y sus variaciones de los mismos en sentido radial, tal como se aprecia en la Figura A.8

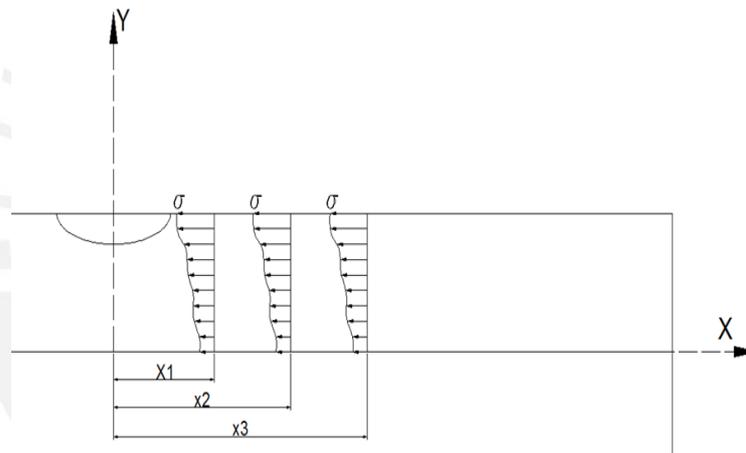


Figura A.8 Esfuerzos normales al plano de la fisura

Realizado lo anterior y para diferentes valores de x se hallaron los valores máximos, los cuales a su vez fueron consignados en una gráfica, tal como se puede apreciar en la Figura A.9.

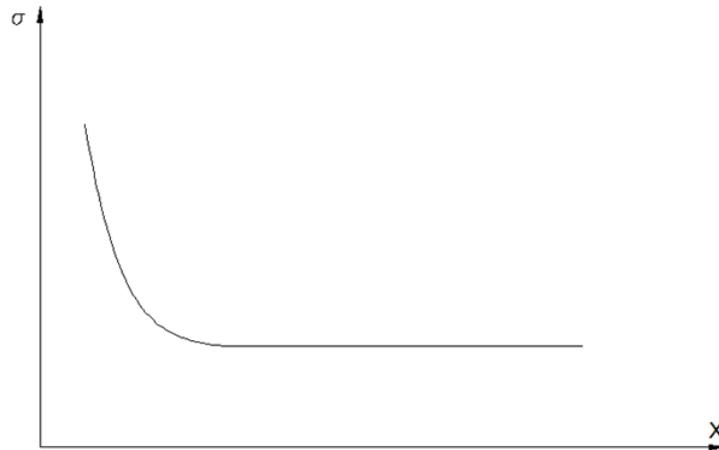


Figura A.9 Esfuerzos máximos en función de la longitud x

Teniendo en cuenta lo mencionado se procedió con la ayuda de la simulación del MEF a la obtención de las gráficas para los siguientes casos, descritos en la Tabla A.3

Tabla A. 3 Casos evaluados			
Presión (MPa)	a (mm)	c (mm)	a/c
12.459	0.1	0.2	2
12.459	0.2	0.4	2
12.459	0.25	0.5	2
12.459	0.3	0.6	2
12.459	0.4	0.8	2

Los esfuerzos perpendiculares al plano de la fisura fueron, para cada valor de x , obtenidos tal como se muestra en la Figura A.10 y plasmados en gráficos donde se aprecia la variación de los mismos en la dirección radial.

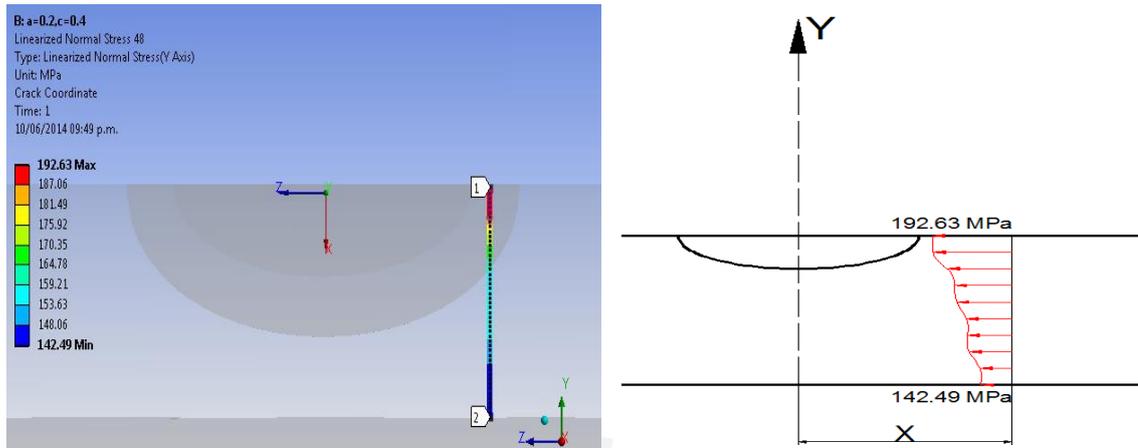


Figura A.10 Esfuerzos normales obtenidos mediante la simulación del MEF

Hallados los esfuerzos máximos para cada valor de x , se procedió a la obtención de los gráficos $\sigma_{max} - x$, en cada caso evaluado, dichos gráficos se presentan a continuación

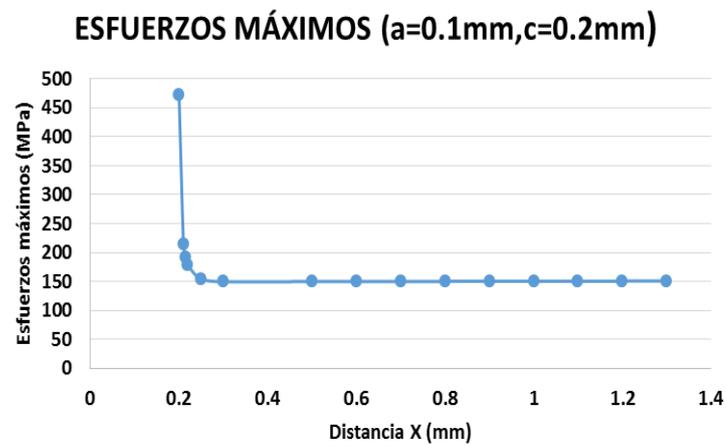


Figura A.11 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función de la distancia x ($a=0.1mm, c=0.2mm$)

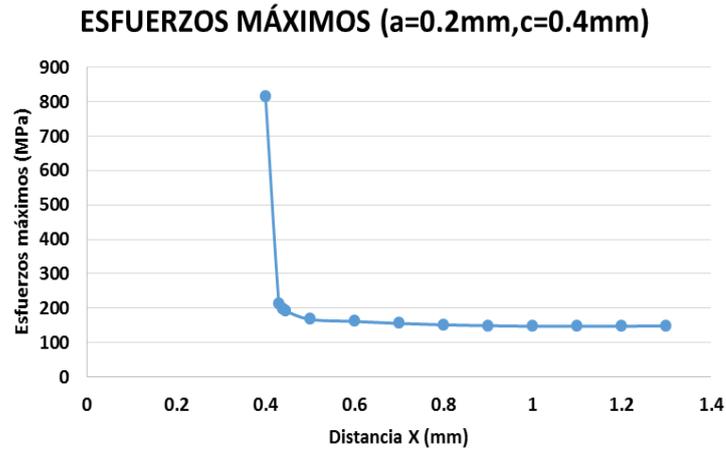


Figura A.12 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función de la distancia x ($a=0.2\text{mm}, c=0.4\text{mm}$)

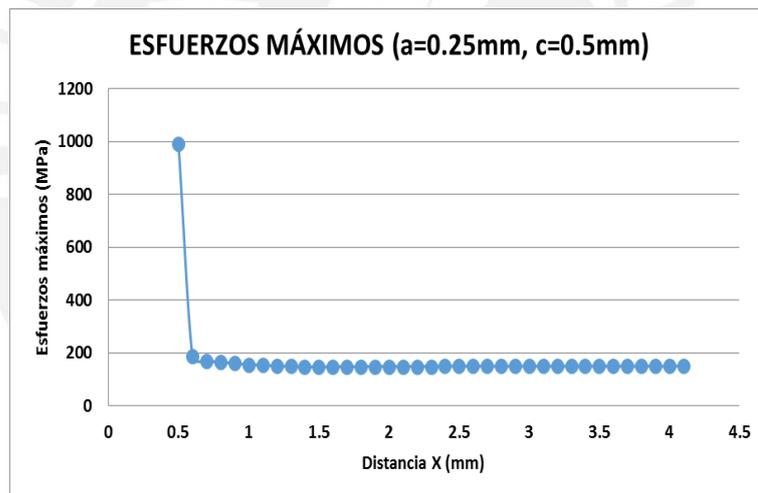


Figura A.13 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función de la distancia x ($a=0.25\text{mm}, c=0.5\text{mm}$)

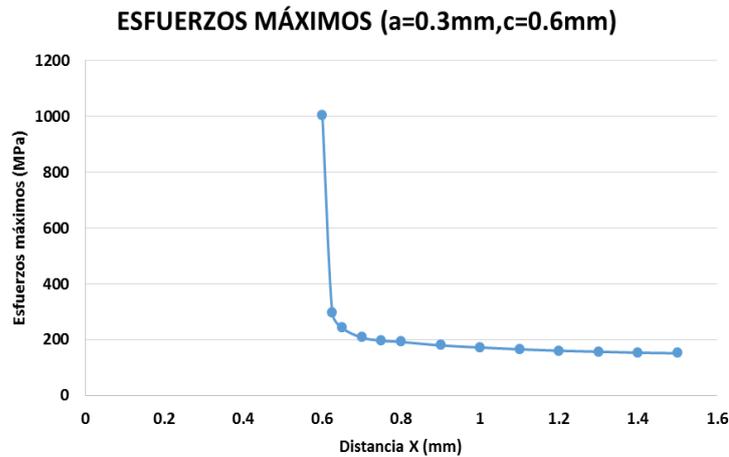


Figura A.14 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función de la distancia x (a=0.3mm, c=0.6mm)

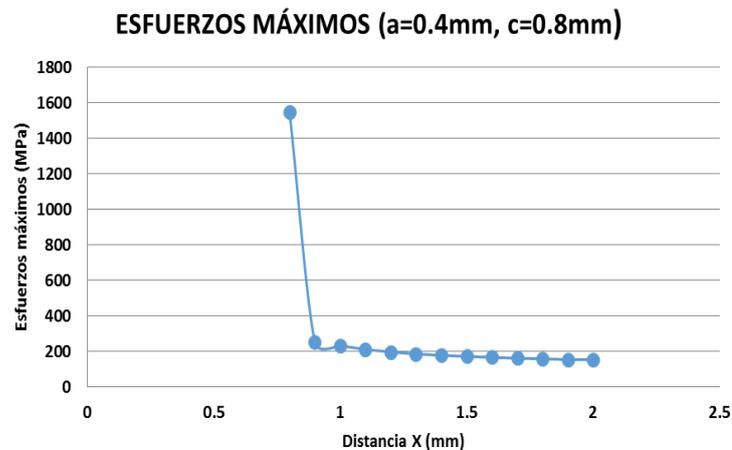


Figura A.15 Esfuerzos máximos a través del espesor de la tubería en función de la distancia x (a=0.4mm, c=0.8mm)

Obtenidos los gráficos se procedió al hallazgo de la tendencia que posee la longitud x en función de la semi-longitud de fisura (c). Para tal fin se obtuvieron, en base a las expresiones dadas por la norma API 579, los esfuerzos de referencia para cada caso evaluado; obtenidos los esfuerzos y empleando los gráficos $\sigma_{max} - x$ se halló la longitud x que ubica el esfuerzo de referencia en cada caso.

A continuación se presentan en la Tabla A. 4, para cada caso, los esfuerzos de referencia y sus correspondientes longitudes x .

Tabla A.4 Esfuerzos de referencia obtenidos mediante la norma API 579, y sus respectivas distancias x hallados a través de los gráficos $\sigma_{max} - \alpha$

a	c	a/c	σ_{ref} (MPa)	x(mm)
0.1	0.2	2	188.66	0.215
0.2	0.4	2	194.18	0.445
0.3	0.6	2	202.347	0.7
0.4	0.8	2	210.192	1.1

Halladas las distancias x que ubican los esfuerzos de referencia, se procedió a la obtención del gráfico $\alpha - x$, tal como se aprecia en la siguiente figura.

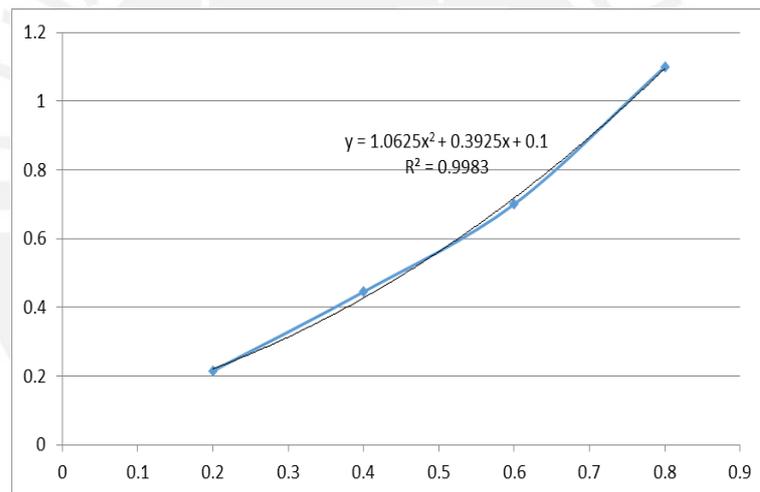


Figura A.16 Gráfico x - c hallado

Obtenida la tendencia, se procedió a hallar la distancia que ubica el esfuerzo de referencia (σ_{ref}) para el caso $a=0.25$ mm, $c=0.5$ mm; obteniéndose un $x = 0.5618$ mm. Dicho valor se empleó conjuntamente con la gráfica $\sigma_{max} - x$ (Figura A.13) con la finalidad de hallar el esfuerzo de referencia buscado, obteniéndose un esfuerzo igual a 205 MPa.