

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MATRIZ-PUNZÓN PARA
ENSAYO DE DOBLES EN JUNTAS SOLDADAS BAJO NORMAS
API 1104, AWS D1.1 Y ASME SECCIÓN IX.**

**RAFAEL HERNANDO SALDARRIAGA SANTANDER
ROGELIO JOSE HERNANDEZ VALDES**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA DE INDIAS**

2004

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MATRIZ-PUNZÓN PARA
ENSAYO DE DOBLES EN JUNTAS SOLDADAS BAJO NORMAS
API 1104, AWS D1.1 Y ASME SECCIÓN IX.**

**RAFAEL HERNANDO SALDARRIAGA SANTANDER
ROGELIO JOSE HERNANDEZ VALDES**

Monografía presentada para optar al título de Ingeniero Mecánico

**Director
JAIR MEZA
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
CARTAGENA DE INDIAS
2004**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del Jurado

Cartagena de Indias, Junio de 2004

Cartagena de Indias D.T y C Mayo 28 del 2004

Srs.

Universidad Tecnológica de Bolívar

Atn: Justo Ramos

Decano facultad de ingeniería Mecánica.

L.C.

Cordial Saludo.

Me permito presentarle la monografía titulada: Diseño y Construcción de Matriz-Punzón para Ensayo de Dobles en Juntas Soldadas Bajo Normas API 1104, AWS d1.1 y ASME Sección IX. realizada por Rafael H. Saldarriaga Santander y Rogelio J. Hernández Valdes

Atentamente,

ING. Jair Meza.

Asesor

Cartagena de Indias D.T y C Mayo 28 del 2004

Ingeniero

Justo Ramos

Decano facultad de ingeniería Mecánica.

Universidad Tecnológica de Bolívar

L.C

Cordial Saludo.

Nos permitimos presentar a usted nuestra monografía titulada: Diseño y Construcción de Matriz-Punzón para Ensayo de Dobles en Juntas Soldadas Bajo Normas API 1104, AWS d1.1 y ASME Sección IX.

Monografía que es el resultado del interés de aplicar los conceptos aprendidos en el Minor de Diseño Mecánico..

Atentamente,

Rafael H. Saldarría Santander
C.C 71.315.978 de Medellin

Rogelio J. Hernández Valdes
C.C 9.145.703 de Cartagena

DEDICATORIA

A mis Padres, Rafael y Sonia
A mis hermanos, Sandra, Andrea y Rafael
Y Sobre todo a mi Maravillosa Hija Maria Paula Saldarriaga

A nuestros tíos Bladimir Chávez, y Martha Cecilia Valdés
A mis padres Rogelio Hernández y Angélica Valdés
A mis hermanos German Hernández y Francisco Hernández

AGRADECIMIENTOS

Darle principalmente las gracias a DIOS, a nuestra Universidad por la capacitación personal, y de nuestra carrera de Ingeniería Mecánica.

Agradecer al Profesor Benjamín Arango por brindarnos un tema de investigación muy interesante para esta monografía, la cual es muy practica para nuestro entorno laboral, como también la atención de dudas y otros, a nuestro asesor también, Jair Meza por el apoyo y conocimiento ofrecido a nuestra investigación, igualmente a todos nuestros docentes que nos dieron las bases suficientes para nuestra carrera, y nuevamente a nuestros padres le agradecemos por el apoyo y sus esfuerzos económicos durante nuestra etapa de la vida universitaria.

RESUMEN

Nuestro trabajo inicia con el estudio de seis materiales comerciales de los cuales se seleccionara el mas apropiado comparando sus propiedades como requisito indispensable. Después de hallar el material se hará uso del software ANSYS para la comprobación del mismo. Este material será utilizado para un grupo de matrices y punzones que serán utilizados en ensayos de doblez a probetas de juntas soldadas en la maquina universal según las normas API, AWS Y ASME

La comprobación es hecha en el software ANSYS para el modelamiento computacional de las piezas tomando como cargas presiones halladas a través de un procedimiento crítico. Estas cargas son halladas de acuerdo a la simetría de cada probeta y aplicadas en las distintas posiciones lo que se espera que son las ubicaciones, después de haber hallado el punto critico dentro de las diferentes posiciones se procederá a la aplicación de un análisis de convergencia para ser de este análisis el mas acertado posible.

Luego de haber hallado el esfuerzo crítico se procederá a hallar el factor de seguridad con el que estaría trabajando en su posición critica la pieza.

CONTENIDO

pag

INTRODUCCION

1. CODIGOS Y ESPECIFICACIONES	10
1.1 GENERALIDADES	10
1.2 ENSAYO DE DOBLES Y NORMAS	11
1.2.1 Norma Apl	12
1.2.1.1 ensayo de doblado de raíz y de cara.	12
1.2.2 Norma Aws D1.1	14
1.2.2.1 ensayo para doblez de raíz y cara	14
1.2.3 Norma Asme	15
1.2.3.1 ensayo de doblez guiado.	15
1.2.3.2 procedimiento para el ensayo de doblez guiado	16
1.2.3.3 criterios de aceptación para los ensayos de doblez	17
2. SELECCIÓN DE MATERIAL	18
2.1 PROPIEDADES	18
2.2 ACEROS AL CARBON	19
2.3 ACEROS ALEADOS	19
2.3.1 Ventajas de las Aleaciones	20
2.4 ANALISIS PARA SELECCIÓN DE MATERIAL	26
3. CONSIDERACIONES DEL MODELAMIENTO	29
3.1 CALCULO DEL ÁREA DE CONTACTO DEL PUNZON Y LOS HOMBROS DE LA MATRIZ CON LA PROBETA.	29
3.2 CALCULOS PARA LA FUERZA	30

3.3	DESIGNACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONTACTO DE LAS MATRICES	35
3.4	DESIGNACIÓN DE MATRICES Y PUNZONES	35
4.	ANÁLISIS DE MATRICES	37
4.1	ANÁLISIS DE LA MATRIZ API.	37
4.1.1.	Modelamiento Computacional Matriz 1	37
4.2	ANALISIS PARA LAS MATRICES AWS	42
4.2.1	Matriz 2	42
4.2.2	Matriz 3	46
4.2.3	Matriz 4	50
4.3	ANALISIS PARA LAS MATRICES ASME	54
4.3.1	Matriz 7	54
4.3.2	Matriz 8.	58
5.	ANALISIS DE LOS PUNZONES	62
5.1	ANÁLISIS DEL PUNZON API	62
5.2	ANÁLISIS DE LOS PUNZONES AWS	64
5.2.1	Punzón 2	64
5.2.2	Punzón 3	66
5.2.3	Punzón 4	68
5.3	ANÁLISIS DE LOS PUNZONES ASME	70
5.3.1	Punzón 5.	70
5.3.2	Punzón 7	72
5.3.3	Punzón 8	74
	RECOMENDACIONES	
	CONCLUSIONES	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	PAG.
Tabla 1. valores para análisis de convergencia matriz 1	40
Tabla 2. valores para análisis de convergencia matriz 2	45
Tabla 3. valores para análisis de convergencia matriz 3	49
Tabla 4. valores para análisis de convergencia matriz 4	53
Tabla 5. valores para análisis de convergencia matriz 7	57
Tabla 6. valores para análisis de convergencia matriz 8	61
Tabla 7. valores para análisis de convergencia punzón 1	62
Tabla 8. valores para análisis de convergencia punzón 2	64
Tabla 9. valores para análisis de convergencia punzón 3	66
Tabla 10. valores para análisis de convergencia punzón 4	68
Tabla 11. valores para análisis de convergencia punzón 5	70
Tabla 12. valores para análisis de convergencia punzón 7	72
Tabla 13. valores para análisis de convergencia punzón 8	74

LISTADO DE GRÁFICOS

	PAG.
Posición 1 de 4.1.1 Analisis de Matriz API	37
Posición 2 de 4.1.1 Analisis de Matriz API	38
Posición 3 de 4.1.1 Analisis de Matriz API	38
Posición 4 de 4.1.1 Analisis de Matriz API	39
Posición 5 de 4.1.1 Analisis de Matriz API	39
Posición 6 de 4.1.1 Analisis de Matriz API	40
Grafica 1 Analisis de Convergencia Matriz 1	41
Posición 1 de 4.2.1 Analisis de Matriz AWS	42
Posición 2 de 4.2.1 Analisis de Matriz AWS	43
Posición 3 de 4.2.1 Analisis de Matriz AWS	43
Posición 4 de 4.2.1 Analisis de Matriz AWS	44
Posición 5 de 4.2.1 Analisis de Matriz AWS	44
Grafica 2 Analisis de Convergencia Matriz 2	45
Posición 1 de 4.2.2 Analisis de Matriz AWS	46
Posición 2 de 4.2.2 Analisis de Matriz AWS	47
Posición 3 de 4.2.2 Analisis de Matriz AWS	47
Posición 4 de 4.2.2 Analisis de Matriz AWS	48
Posición 5 de 4.2.2 Analisis de Matriz AWS	48
Grafica 3 Analisis de Convergencia Matriz 3	49
Posición 1 de 4.2.3 Analisis de Matriz AWS	50

Posición 2 de 4.2.3 Analisis de Matriz AWS	51
Posición 3 de 4.2.3 Analisis de Matriz AWS	51
Posición 4 de 4.2.3 Analisis de Matriz AWS	52
Posición 5 de 4.2.3 Analisis de Matriz AWS	52
Grafica 4 Analisis de Convergencia Matriz 4	53
Posición 1 de 4.3.1 Analisis de Matriz ASME	54
Posición 2 de 4.3.1 Analisis de Matriz ASME	55
Posición 3 de 4.3.1 Analisis de Matriz ASME	55
Posición 4 de 4.3.1 Analisis de Matriz ASME	56
Posición 5 de 4.3.1 Analisis de Matriz ASME	56
Grafica 5 Analisis de Convergencia Matriz 7	57
Posición 1 de 4.3.2 Analisis de Matriz ASME	58
Posición 2 de 4.3.2 Analisis de Matriz ASME	59
Posición 3 de 4.3.2 Analisis de Matriz ASME	59
Posición 4 de 4.3.2 Analisis de Matriz ASME	60
Posición 5 de 4.3.2 Analisis de Matriz ASME	60
Grafica 6 Analisis de Convergencia Matriz	61
Grafica 7 Analisis de Convergencia punzón 1	62
Grafica análisis de esfuerzo punzón 1	63
Grafica 8 Analisis de Convergencia punzón 2	64
Grafica análisis de esfuerzo punzón 2	65
Grafica 9 Analisis de Convergencia punzón 3	66
Grafica análisis de esfuerzo punzón 3	67

Grafica 10 Analisis de Convergencia punzón 4	68
Grafica análisis de esfuerzo punzón 4	69
Grafica 11 Analisis de Convergencia punzón 5	68
Grafica análisis de esfuerzo punzón 5	71
Grafica 12 Analisis de Convergencia punzón 7	72
Grafica análisis de esfuerzo punzón 7	73
Grafica 13 Analisis de Convergencia punzón 8	74
Grafica análisis de esfuerzo punzón 8	75

INTRODUCCION

La siguiente investigación esta encaminada a la construcción de las probetas para la realización de ensayos que calificaran al soldador y el procedimiento de este. Hay que tener en cuenta lo importante que es la soldadura en nuestro medio, interpretada como una operación de ensamblaje, muy utilizada en el sector de la calderería, de la chapa hechuraza y como operación de reparación de piezas rotas.

Sobre todo porque es considerada esta como un procedimiento de conformación metálica que se utiliza cuando los otros procedimientos son imposibles de aplicarse, en el argot de la conformación metálica suele pronunciarse la frase, “soldar es bueno pero no soldar es mejor”, este aforismo viene a decir que solo se suelda cuando no hay mas remedio.

De lo contrario se prefiere los otros procedimientos de conformación metálica. No obstante la soldadura como procedimiento de unión entre partes de objetos metálicos constituye un procedimiento de conformación metálica muy versátil, aplicable en general a prototipos y pequeñas series

Los códigos y normas de soldadura son documentos recomendados de desarrollo tecnológico en el campo de la soldadura que ya han sido probados en países industrialmente mas avanzados, y cuyo seguimiento garantiza confiabilidad en un producto terminado con optima calidad debido a sus exigencias tecnológicas, ya sea en el área de la construcción de recipientes a presión, estructuras cargadas estática y dinámicamente, o en la instalación de tuberías para la conducción del petróleo y sus derivados.

Para obtener soldaduras satisfactorias, los códigos y especificaciones requieren que cada uno de los procedimientos de soldadura para la realización de un trabajo sea probado. En adición, el código gobernante o especificación puede sugerir que los soldadores sean calificados y las maquinas de soldadura sean calibradas

Para la selección del material apropiado para la matriz punzón, se requiere considerar muchos factores. Por lo general deben evaluarse la resistencia a la rigidez, ductilidad, peso, resistencia a la corrosión, capacidad de maquinado, facilidad para trabajarse, soldabilidad, aspecto, costo y disponibilidad. En lo que se refiere a resistencia de materiales los factores más importantes son resistencia, rigidez y ductilidad,

Para el cumplimiento de las exigencias mecánicas de la pieza se desarrollo un procedimiento bajo el software ANSYS.

ANSYS es un software basado en el método de elementos finitos (MEF), el cual es un método numérico para resolver ecuaciones diferenciales por medio de aproximaciones discretas, a diferencia del método de diferencias finitas (MDF), en el cual la zona de solución es un conjunto de puntos discretos, el método de elementos finitos supone que la zona de solución esta compuesta de muchas subzonas interconectadas, las que se denominan “elementos finitos”. Estos elementos, los que pueden tomar formas simples (por ejemplo: línea, triángulos, rectángulos, paralelepípedos) se ensamblan de diferentes maneras para representar la solución sobre una región cualquiera. Los conceptos básicos que se incorporan en este apunte son simples, y la idea principal es comprender la operatoria detrás de la técnica numérica de los elementos finitos.

1. CODIGOS Y ESPECIFICACIONES

1.1 GENERALIDADES

Los códigos y las especificaciones son la documentación básica que rige y guía la práctica de cualquier diseño. Estos documentos sirven de guía para:

Fabricar productos soldados que cumplan con la calidad requerida
Suministrar una real y razonable protección de la vida, la propiedad y el medio ambiente

Las normas incluyen códigos, especificaciones, recomendaciones practicas clasificaciones, métodos y guías.

Estos documentos tienen mucha semejanza entre sí y los términos usados frecuentemente son intercambiables, pero hay que tener cuidado con algunos términos usados frecuentemente son intercambiables, pero hay que tener cuidado con algunos términos específicos

Los códigos y las especificaciones son tipos similares de normas. Los códigos difieren de las especificaciones y estos se usan generalmente aplicados a un proceso de fabricación. Las especificaciones están asociadas generalmente con un producto. Ambos van a ser mandatorios cuando las especificaciones dan una o más reglas o cuando estas están relacionadas con otros documentos de procedimiento

Las practicas y guías recomendadas son normas que ofrecen principalmente ayudas de uso.

De cualquier modo estos documentos están referenciados con códigos o acuerdos contractuales, ellos se usan como reglas. Si los códigos o acuerdos

no tienen secciones de reglas o apéndices, el uso de las guías de referencia o prácticas recomendadas son a juicio del usuario.

Un documento puede cubrir detalles del producto sin considerar condiciones especiales bajo las cuales este va a ser usado. Ejemplo de estas condiciones especiales pueden ser: Atmósferas corrosivas temperaturas elevadas y cambios de cargas dinámicas y estáticas.

Las normas varían en el método de alcanzar su objetivo. Algunas tienen requerimientos específicos que no permiten otras acciones alternativas. Otras permiten acciones o procedimientos alternativos si su resultado no dista de satisfacer lo especificado. Esos especificados están frecuentemente dados como requisitos mínimos; por ejemplo:

El esfuerzo último a la tensión de una muestra de soldadura que debe satisfacer un exceso de tensión mínima especificada por el material base.

1.2 ENSAYO DE DOBLES Y NORMAS

El ensayo de doblez en juntas soldadas se lleva a cabo de dos maneras, estas dos maneras son:

Ensayo de doblado de cara

Las probetas para este ensayo de doblado de cara deben ser colocadas con la cara de la soldadura hacia la garganta de la matriz

Ensayo de doblado de raíz

Las probetas para este ensayo de doblado de raíz deben ser colocadas con la raíz de la soldadura hacia la garganta de la matriz

A continuación las especificaciones que exige cada norma para el ensayo de doblez en juntas soldadas.

1.2.1 Norma Api

1.2.1.1 ensayo de doblado de raíz y de cara.

Preparación.

Las probetas para doblado de raíz y cara deben ser de 9 pulg de largo aproximadamente por 1 pulg. de ancho aproximadamente, y sus bordes largos deben ser redondeados, ver figura 1. Se pueden hacer con una maquina de corte o con oxicorte. La sobremonta o refuerzos de cara y de raíz deben ser removidos y nivelado con la superficie de la probeta. Estas superficies deben ser lisas y cualquier raya que exista debe ser ligera y transversal a la soldadura.

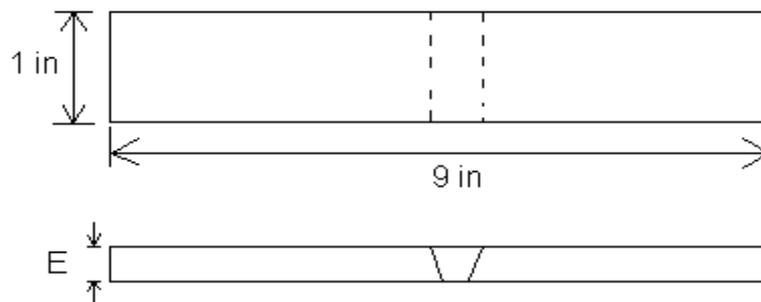


Figura 1. Probeta para ensayo de doblado

Método.

Las probetas para ensayo de doblado deben ser dobladas en una matriz para ensayo de doblado guiado, ver figura 2, cada probeta debe ser colocada sobre la matriz con la soldadura en la parte media de la garganta.

El embolo o macho debe ser forzado dentro de la garganta hasta que la curvatura de la probeta forma aproximadamente una U.

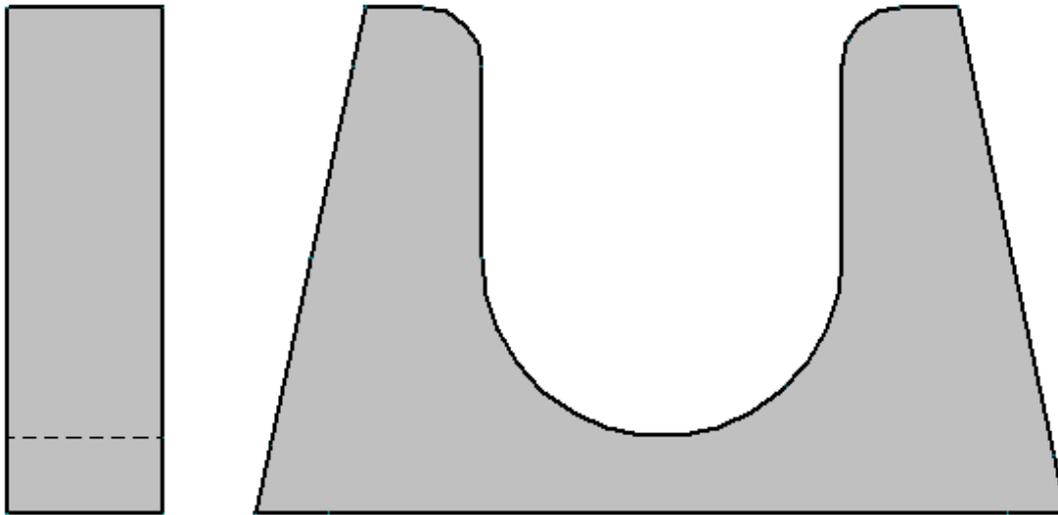


Figura 2. Matriz para ensayos de doblado guiado

Requisitos.

El ensayo de doblado debe ser considerado como aceptable si no hay grietas presentes u otros defectos que excedan 1/8 pulg. o la mitad del espesor nominal de la pared, cualquiera que sea menor, en cualquier dirección dentro de la soldadura o entre la soldadura y la zona de fusión, después del doblado. Las grietas que se originen a lo largo de los bordes de la probeta, durante el ensayo y las cuales sean menores a 1/4 pulg. medidas en cualquier dirección no deben ser consideradas, a menos que se observen defectos evidentes.

Nota: Cada probeta sujeta al ensayo de doblado debe cumplir con estos requisitos.

1.2.2 Norma Aws D1.1

1.2.2.1 ensayo para doblez de raíz y cara

Probetas para doblez de raíz y de cara, ver figura 3, cada probeta debe ser doblada en un dispositivo de doblez guiado, ver figura 4, teniendo en cuenta que el radio mínimo de doblez no se exceda. Cualquier medio conveniente puede ser utilizado para desplazar el macho con relación a la matriz estática

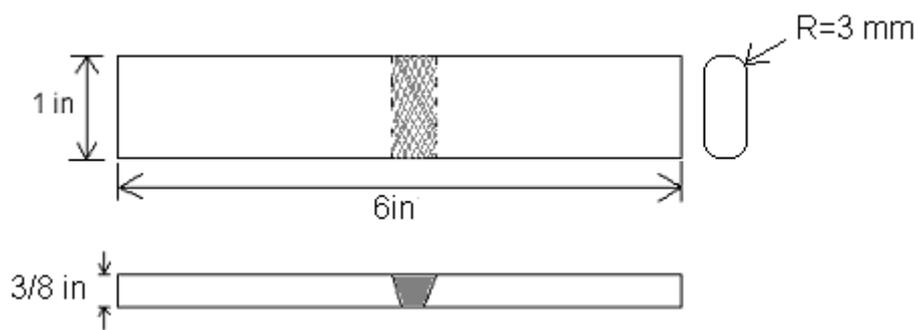


Figura 3. Probetas para doblado de raíz y de cara

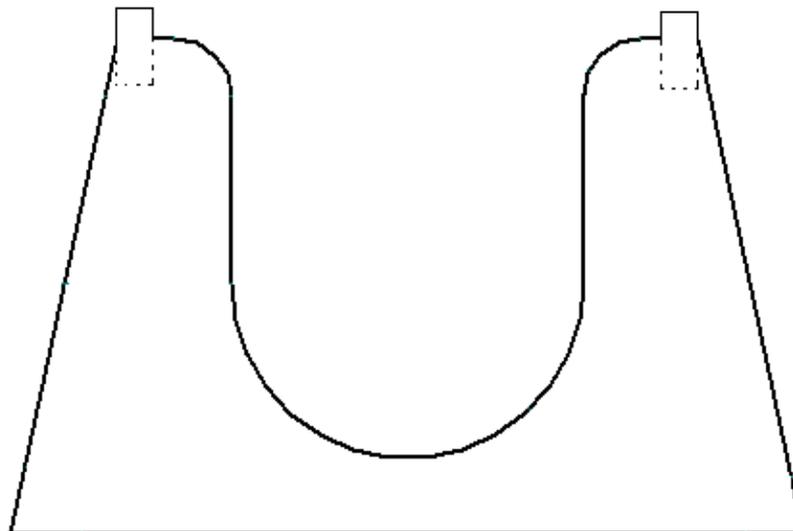


Figura 4. Dispositivo (matriz) para doblez de probetas

La probeta debe ser colocada en el dispositivo estático de la guía, con la soldadura en el centro. Las probetas para doblez de cara deben ser colocadas con la cara de la soldadura directamente hacia la abertura. Las probetas para doblez de raíz, deben ser colocadas con la raíz de la soldadura dirigida hacia la abertura.

El macho debe forzar la probeta dentro de la matriz hasta que la probeta siente y se forme una U. La soldadura y la zona afectada por el calor (ZAC), deben estar centradas y ubicadas completamente dentro de la parte doblada de la probeta después del ensayo. Cuando se utilice la guía de enrollado, la probeta debe estar sujeta firmemente en uno de sus extremos, de tal manera que no se deslice durante la operación de doblez. Después del ensayo, la soldadura y la zona afectada por el calor deben estar completamente en la parte doblada de la probeta. Las probetas ensayadas deben quitarse de guía cuando el rodillo se ha retirado y ha sido movido 180° del punto de arranque.

1.2.3 Norma Asme

1.2.3.1 ensayo de doblez guiado.

DOBLEZ TRANSVERSAL DE CARA.

La probeta es transversal al eje longitudinal de la soldadura, la cual es doblada de tal forma que la superficie de la cara se convierte en la superficie convexa de la probeta doblada.

DOBLEZ TRANSVERSAL DE RAÍZ.

La probeta es transversal a eje longitudinal de la soldadura, la cual es doblada de tal forma que la superficie de la raíz se convierta en la superficie convexa de la probeta doblada.

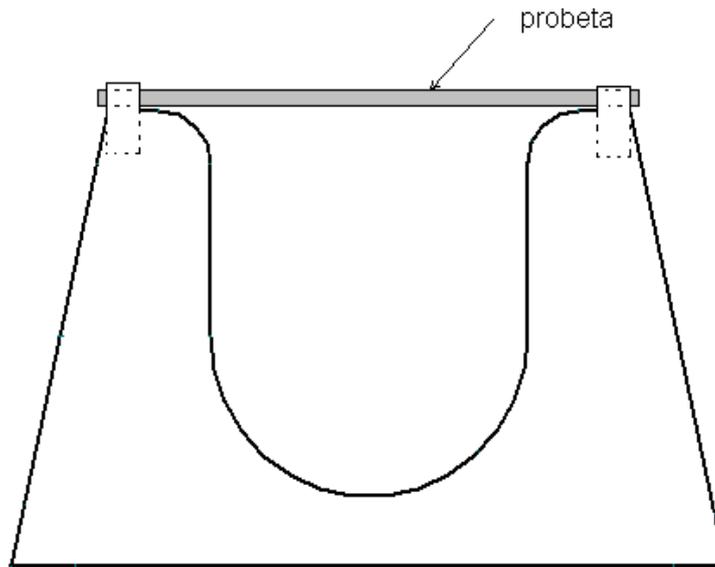


Fig. Montaje para ensayo de doblez guiado

1.2.3.2 procedimiento para el ensayo de doblez guiado

DISPOSITIVOS

Las probetas de doblez guiado serán dobladas es dispositivos para ensayo de doblez

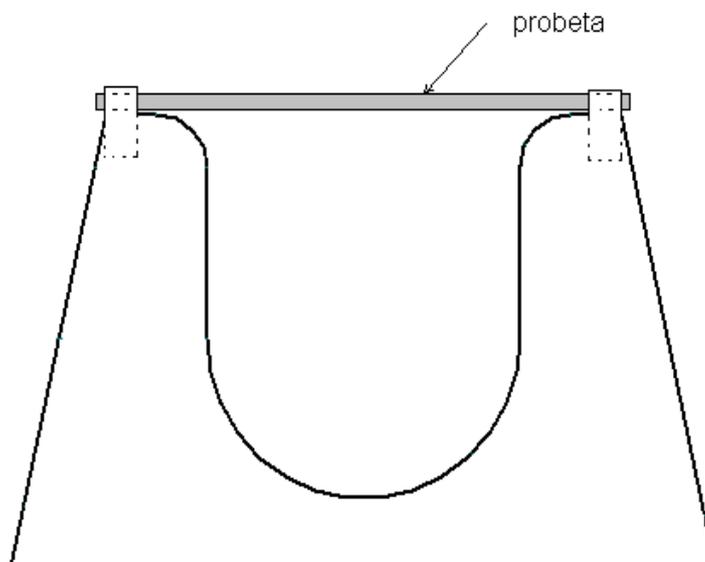


Fig. Montaje para ensayo de doblez guiado QW 466

Cuando se usan los dispositivos ilustrados en la figura anterior el lado de la cara de la probeta de turno estará hacia la abertura del dispositivo, para probetas de doblez de cara, el lado de la raíz de la probeta para probetas de raíz.

La probeta será forzada dentro del dado aplicando carga para hundirla hasta que la curvatura de la probeta sea tal que no pueda ser insertado un alambre de 3mm de diámetro entre la probeta y la matriz.

1.2.3.3 criterios de aceptación para los ensayos de doblez

La soldadura y la zona afectada por el calor (ZAC) de una probeta de doblez transversal a la soldadura, estarán completamente dentro de la zona doblada de la probeta después del ensayo.

Las probetas de doblez guiado no tendrán en la soldadura o en la ZAC defectos abiertos mayores a 3mm (1/8 pulg), en cualquier dirección de la superficie convexa de la probeta después del doblado.

Las discontinuidades abiertas que se presenten en los bordes de la probeta durante el ensayo, no serán consideradas, a menos que estas sean definitivamente una evidencia de falta de fusión, de inclusiones de escoria u otras discontinuidades internas.

Para soldadura resistente a la corrosión con revestimiento en la superficie, serán permitidos los defectos abiertos en el revestimiento que no excedan de 1.5 mm (1/16 pulg) medido en cualquier dirección y discontinuidades abiertas a lo largo de la interfase de soldadura en la unión soldada, no mayores a 3.2mm (1/8 pulg)

2. SELECCIÓN DE MATERIAL

La selección de materiales requiere considerar muchos factores. Por lo general deben evaluarse la resistencia a la rigidez, ductilidad, peso, resistencia a la corrosión, capacidad de maquinado, facilidad para trabajarse, soldabilidad, aspecto, costo y disponibilidad. En lo que se refiere a resistencia de materiales los factores más importantes son resistencia, rigidez y ductilidad

2.1 PROPIEDADES

Resistencia

Los datos de referencia que listan las propiedades mecánicas de los metales casi siempre incluirán la resistencia última a la tensión y la resistencia a la cedencia del metal. La comparación entre los esfuerzos reales en una pieza, con la resistencia última a la tensión o la resistencia a la cedencia del material del que está hecha la pieza, es el método usual para evaluar lo apropiado que puede ser un material para soportar con seguridad las cargas aplicadas

Rigidez.

Con frecuencia es necesario determinar cuánto se deformará una pieza bajo una carga, para asegurar que la deformación excesiva no destruya su utilidad. Esto puede ocurrir a esfuerzos muy inferiores a la resistencia a la cedencia del material, en especial en miembros muy largos o en dispositivos de alta precisión. La rigidez del material es una función de su módulo de elasticidad, al que a veces se le conoce como módulo de Young.

Ductilidad

Cuando los metales se rompen, su fractura puede clasificarse como dúctil o frágil. Un material dúctil se estira y cede antes de fracturarse, por lo que se origina una notoria disminución en el área de la sección transversal, en la sección fracturada. Por otra parte un material frágil se fracturará de repente con poco o ningún cambio en el área de la sección fracturada.

Esperamos hacer la mejor selección del material basándonos en sus propiedades físicas y químicas, las cuales confrontaremos con las necesidades de la pieza

2.2. ACEROS AL CARBONO

El principal producto siderúrgico es el acero, siendo aproximadamente el 90% de la producción acero al carbono y el 10%, acero aleado. Por lo tanto, el material metálico más importante para la industria es el acero al carbono.

El acero al carbono es una aleación de composición química compleja. Además de hierro, cuyo contenido puede oscilar entre 97-99%, hay en él muchos elementos cuya presencia se debe a los procesos de su producción (manganeso y silicio), a la dificultad de excluirlos totalmente del metal (azufre, fósforo, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno) o a circunstancias casuales (cromo, níquel, cobre y otros). El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

2.3 ACEROS ALEADOS

Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos: carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. También puede considerarse aceros aleados los que contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono que antes hemos citado, en mayor cantidad que los porcentajes que normalmente suelen contener los aceros al carbono, y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes: $Si=0.50\%$; $Mn=0.90\%$; $P=0.100\%$ y $S=0.100\%$. Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio,

wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, Selenio, aluminio, boro y Niobio.

La influencia que ejercen esos elementos es muy variada, y, empleados en proporciones convenientes, se obtienen aceros con ciertas características que, en cambio, no se pueden alcanzar con los aceros ordinarios al carbono.

Utilizando aceros aleados es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. En elementos de máquinas y motores se llegan a alcanzar grandes durezas con gran tenacidad.

2.3.1 Ventajas De Las Aleaciones

Silicio

Este elemento aparece en todos los aceros, lo mismo que el manganeso, porque se añade intencionadamente durante el proceso de fabricación. Se emplea como elemento desoxidante complementario del manganeso con objeto de evitar que aparezcan en el acero los poros y otros defectos internos. Los aceros pueden tener porcentajes variables de 0.20 a 0.34% de Si.

Se emplean aceros de 1 a 4.5% de Si y bajo porcentaje de carbono para la fabricación de chapas magnéticas, ya que esos aceros, en presencia de campos magnéticos variables, dan lugar solo a pérdidas magnéticas muy pequeñas, debido a que el silicio aumenta mucho su resistividad.

Mejora ligeramente la templabilidad y la resistencia de los aceros a disminuir la tenacidad, y en ciertos casos mejora también su resistencia a la oxidación.

Cromo

Es uno de los elementos especiales más empleados para la fabricación de aceros aleados, usándose indistintamente en los aceros de construcción, en los de herramientas, en los inoxidables y los de resistencia en caliente. Se emplea en cantidades diversas desde 0.30 a 30, según los casos y sirve para aumentar la dureza y la resistencia a la tracción de los aceros, mejora la templabilidad, impide las deformaciones en el temple, aumenta la resistencia al desgaste, la inoxidabilidad, etc.

Molibdeno

Mejora notablemente la resistencia a la tracción, la templabilidad y la resistencia al creep de los aceros. Añadiendo solo pequeñas cantidades de molibdeno a los aceros cromo-níqueles, se disminuye o elimina casi completamente la fragilidad Krupp, que se presenta cuando estos aceros son revenidos en la zona de 450° a 550°.

El molibdeno a aumenta también la resistencia de los aceros en caliente y reemplaza al wolframio en la fabricación de los aceros rápidos, pudiéndose emplear para las mismas aplicaciones aproximadamente una parte de molibdeno por cada dos de wolframio.

Níquel

Una de las ventajas más grandes que reporta el empleo del níquel, es evitar el crecimiento del grano en los tratamientos térmicos, lo que sirve para producir en ellos gran tenacidad. El níquel además hace descender los puntos críticos y por ello los tratamientos pueden hacerse a temperaturas ligeramente más bajas que la que corresponde a los aceros ordinarios. Experimentalmente se observa que con los aceros aleados con níquel se obtiene para una misma dureza, un límite de elasticidad ligeramente más elevado y mayores alargamientos y resistencias que con los aceros al carbono o de baja aleación. En la actualidad se ha restringido mucho su empleo, pero sigue siendo un elemento de aleación

indiscutible para los aceros de construcción empleados en la fabricación de piezas para maquinas y motores de gran responsabilidad, se destacan sobre todo en los aceros cromo-níquel y cromo-níquel-molibdeno.

El níquel es un elemento de extraordinaria importancia en la fabricación de aceros inoxidable y resistentes a altas temperaturas, en los que además de cromo se emplean porcentajes de níquel variables de 8 a 20%.

Los materiales a ensayar son 6, fueros escogidos debido que son aceros de grado ingeniería y además de eso son los más comerciales en su clase.

La siguiente tabla es el análisis químico del menú de materiales.

	C	Mn	Pmax	Smax	Si	Cr	Mo	Ni
AISI SAE 1020	0.18 - 0.23	0.3 - 0.6	0.04	0.05				
AISI SAE 1045	0,43 - 0,5	0,6 - 0,9	0,04	0,05				
AISI SAE 12L14	0,07 - 0,15	0,85 - 1,35	0,04 - 0,09	0,26 - 0,35				
AISI SAE 4140	0,38 - 0,43	0,75 - 1	0,035	0,04	0,15 - 0,35	0,8 - 1	0,15 - 0,25	
AISI SAE 4340	0,38 - 0,43	0,6 - 0,8	0,035	0,04	0,15 - 0,35	0,7 - 0,9	0,2 - 0,3	1,65 - 2
AISI SAE 8620	0,18 - 0,23	0,7 - 0,9	0,035	0,04	0,15 - 0,3	0,4 - 0,6	0,15 - 0,25	0,4 - 0,7

Propiedades Mecánicas					
	Estado de suministro	Resistencia tracción Kg/mm²	Límite elástico Kg/mm²	Alargamiento %	Dureza Britnell
AISI SAE 1020	Laminado en caliente	40	31	25	140/180
	Calibrado	55	38	15	180/220

AISI SAE 1045	Laminado en caliente	60	38	16	220/240
	Calibrado	65	54	10	250/280
AISI SAE 12L14	Laminado en caliente	40	26	22	120/160
	Calibrado	55	42	10	160/200
AISI SAE 4140	Laminado en caliente	60/70	40	22	210/240
	Calibrado	70/80	60	14	240/260
	Bonificado	88/100	75	16	260/320
AISI SAE 4340	Laminado en caliente	65/75	45	20	210/240
	Calibrado	75/85	65	10	240/260
	Bonificado	90/110	80	16	260/320
AISI SAE 8620	Laminado en caliente	65	35	20	200/220
	Recocido	55	30	28	160/180

TRATAMIENTOS TERMICOS DISPONIBLES

Aceros	Tratamiento térmico	Temperatura °C	Medio de enfriamiento
AISI SAE 1020	Forja	1000/1200	Arena seca
	Normalizado	880/920	Aire
	Recocido	660/930	Horno/agua
	Cementación		Horno
	Temple Capa cementada	760/800	Aire
	Revenido capa cementada	150/200	Ceniza o Arena
AISI SAE 1045	Forja	900/1100	
	Temple	820/850	Aceite o agua
	Normalizado	850/880	Aire
	Recocido	670/710	Horno

AISI SAE 12L14	Revenido	450/600	Aire
	Normalizado	900/930	Aire
	Recocido	650/710	Horno
AISI SAE 4140	Forja	850/1100	Ceniza o Arena
	Temple	830/850	Aceite
	Normalizado	850/870	Aire
	Recocido	680/720	Horno
	Revenido	500/650	Aire
AISI SAE 4340	Forja	850/1100	Ceniza o Arena
	Temple	830/850	Aceite
	Normalizado	850/870	Aire
	Recocido	680/720	Horno
	Revenido	500/650	Aire
AISI SAE 8620	Forja	900/1200	Arena
	Normalizado	870/930	Seca/Aire
	Recocido	860/890	AireHorno/Aire
	Cementación	900/925	Horno/Aceite
	Temple capa cementada	840/870	Aceite
	Revenido capa cementada	150/200	Aire

APLICACIONES	
AISI SAE 1020	Ejes, eslabones, cadenas, pasadores, bujes cementados, tornillería corriente, grapas
AISI SAE 1045	Productos forjados y estampados, manivelas, chavetas, pernos, bulones, engranajes, acoplamientos, bielas, cigüeñales, ejes de maquinaria de resistencia media, espárragos, tornillería grado 5
AISI SAE 12L14	Tornillos, bulones, racores, pasadores, remaches, acoples y en general fabricación de piezas en grandes series de baja y mediana exigencia mecánica

AISI SAE 4140	Ejes, engranajes, cigüeñales, cilindros de motores, bielas, rotores, árboles de turbinas a vapor, ejes traseros, partes de bombas, barras de conexión, taladros en la industria petrolera, piezas forjadas y tornillería grado 8
AISI SAE 4340	Ejes de gran sección que requieran buena resistencia a la torsión, levas de mando, ejes para camión, discos para freno, cardanes, árboles para trituradora, mandriles, tornillo prisionero, portaherramientas, tornillería grado 8
AISI SAE 8620	ejes ranurados, pasadores de pistón, bujes, piñones para cajas y transmisión de automotores, barras de torsión, cuerpos de válvulas, tuercas, engranajes para reductores, cojinetes para motores

Otras aplicaciones

1045

Acero no aleado empleado en flechas y partes de maquinaria. Adecuado para temple superficial, flechas, piñones, engranes, pernos, tornillos, semiejes, ejes, cigüeñales, etc.

12114

Acero con adiciones de plomo con excelente maquinabilidad. Empleado en tornos automáticos para alta producción (estirado en frío). Bujes, acoples, conexiones de mangueras hidráulicas, tornillería, etc.

4140t

Acero templado y revenido para aplicaciones directas, ya con dureza de trabajo.

4340r

Acero al Cr-Ni-Mo, recocido de alta templabilidad adecuado para flechas y engranes de grandes secciones donde se requiere alta ductilidad y resistencia al choque, flechas de transmisión, cuchillos, punzones, etc.

4340t

Acero templado y revenido para aplicaciones directas, ya con dureza de trabajo.

8620

Acero para piezas que requieren alta dureza superficial y núcleo tenaz mediante cementación y carbo nitruración, es el de mayor uso en la fabricación de engranes, piñones, satélites, planetarios, etc.

2.4 ANALISIS PARA SELECCIÓN DE MATERIAL

En los grupos del menú tenemos 6 materiales, de los cuales 3 hacen parte del grupo de los aceros al carbono y el resto hacen parte del grupo de los aleados.

Analizando el primer grupo.

Con respecto a la resistencia a la tracción podemos darnos cuenta según las tablas anteriores que el 1045 tiene mejor resistencia que los otros 2.

Analizando el límite elástico de cada uno de los materiales, también el 1045 posee el valor más elevado, lo que quiere decir que es más cercano una deformación plástica en los AISI 1020 y 1045 que en el 1045.

Teniendo en cuenta que las matrices estarán sometidas a fricción, quiere decir que el material a escoger debe tener una dureza aceptable, algo característica en el 1045 con respecto a los otros 2 aceros.

Si miramos las aplicaciones del 1045 también podemos afirmar que este tiene buenas propiedades anti desgaste a diferencia de sus contrincantes.

Esto quiere decir que quien cumple mejor con los requisitos es el 1045.

Analizando el grupo de los aleados:

Con respecto a la resistencia a la tracción el orden de resistencia de mayor a menor es: 4340, 4140, y 8620

El límite elástico también tiene el orden anterior, quiere decir que quien se comporta mejor en esta propiedad es el 4340,

Pero analizando el principal requisito el cual es el desgaste, podemos darnos cuenta al verificar las tablas anteriores, que quien posee mayor porcentaje de cromo es el 4140 el cual es un elemento que mejora considerablemente las propiedades anti desgaste y evita da deformación en el momento del temple.

Además de lo anterior sería mas precisa la escogencia del 4340 en caso tal que incidieran en el área de trabajo altos grados de temperatura pero, este no es nuestro caso.

Por tanto es lógico afirmar que quien cumple mejor con los requisitos es el 4140.

Ahora bien, tenemos 2 materiales finales, los cuales son:
Acero al carbono 1045 y acero aleado 4140

Considerando como principal requisito las propiedades antidesgaste quien mejor comportamiento tiene es el 4140, esto por 2 razones:

1. Posee cromo y como ya dijimos este aleado le aumenta considerablemente las propiedades anti desgaste
2. Además la dureza es superior con respecto a la de los aceros al carbono, lo cual a mayor dureza menos desgaste hay por parte del material como resultado de la fricción

Esto sin mencionar la alta tenacidad y resistencia a la tensión que tiene el aleado con respecto al carbono.

3. CONSIDERACIONES DEL MODELAMIENTO

La ubicación de las fuerzas sobre los hombros de las matrices será inicialmente sobre el área plana superior que es donde estará ubicada la probeta inicialmente antes de su deformación debido a la fuerza que aplicara el punzón sobre ella, luego se trasladara a lo largo de los hombros de la matriz, se han seleccionado 5 posiciones de forma simétrica puesto que es una curvatura completamente circular (cuarto de circunferencia)

3.1 CALCULO DEL ÁREA DE CONTACTO DEL PUNZÓN Y LOS HOMBROS DE LA MATRIZ CON LA PROBETA.

La ubicación de la fuerza sobre el punzón es una sola y esta dada en la punta del punzón, esta área esta hallada de forma experimental, considerando también aplastamiento del punzón, de igual forma se hallo el área de contacto entre los hombros de la matriz y probeta.

Las matrices y punzones se modelaran por separado, las fuerzas y reacciones se hallaran por medio de la simulación de vigas en cada una de las matrices, las fuerzas capaces de deflectar las probetas soldadas serán diferentes dependiendo de la ubicación de las reacciones o lo que es igual de la simetría de las matrices.

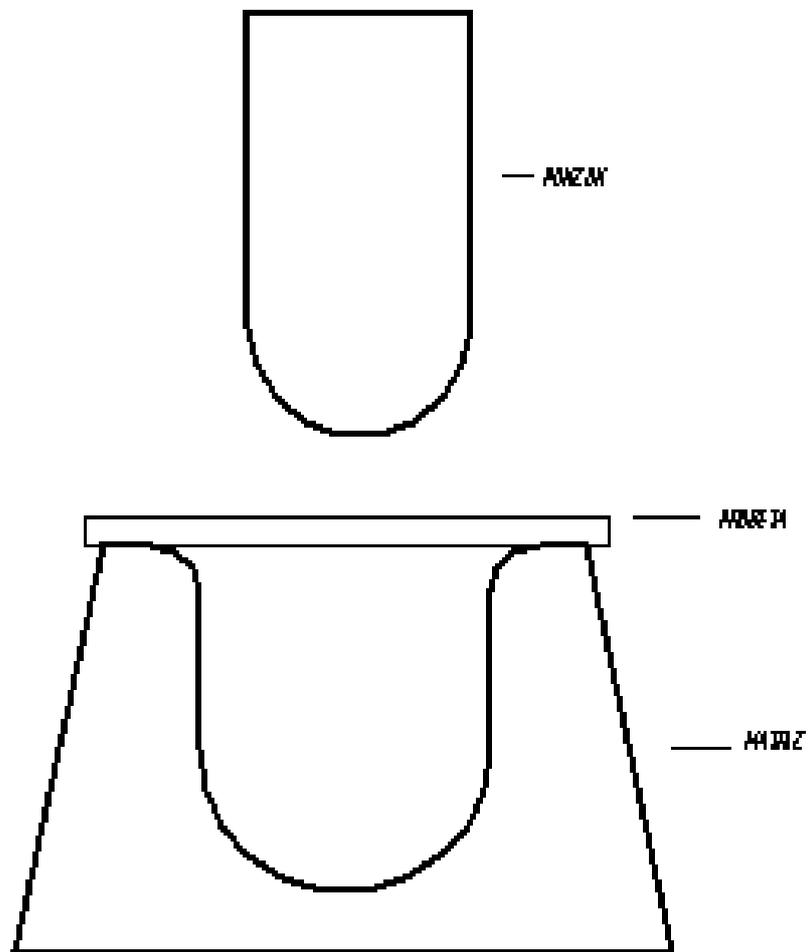
En el modelamiento computacional iniciamos buscando el área crítica (área con mayor esfuerzo debido a la presión sobre la misma), luego realizar el respectivo análisis de convergencia con el fin de obtener el enmallado optimo que dará los resultados mas acertados para determinar si el material resiste o no las condiciones de carga a la estará expuesto.

Ambos, matrices y punzones son empotrados en la base de cada uno de ellos.

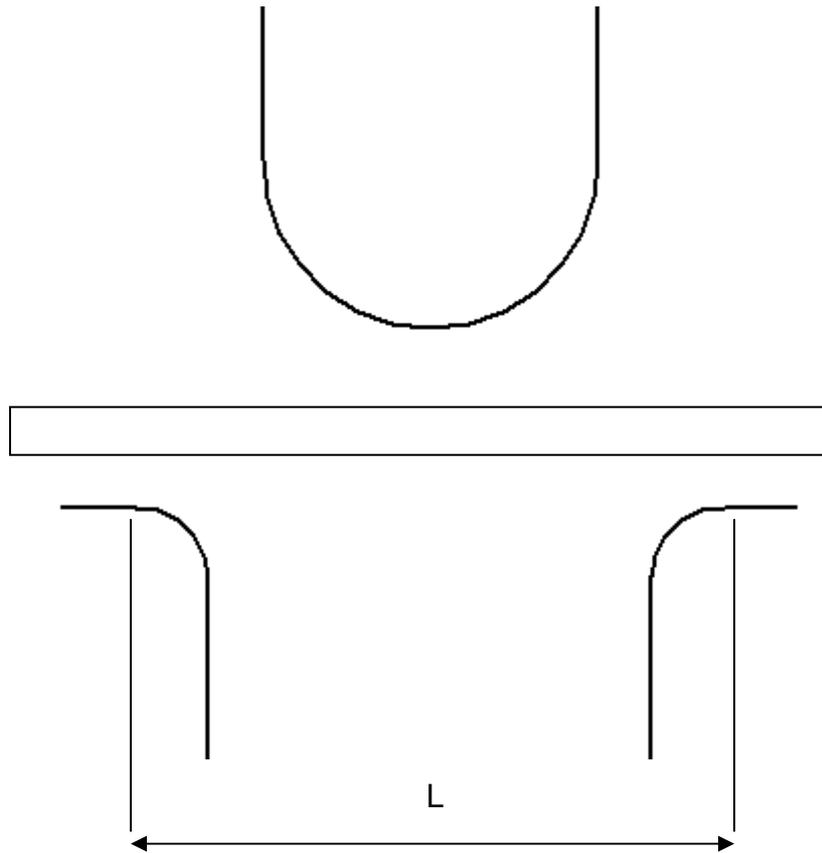
3.2 CALCULOS PARA LA FUERZA

ANALISIS DE LA FUERZA EJERCIDA POR EL PUNZON A LA PROBETA APOYADA EN LOS HOMBROS DE LA MATRIZ

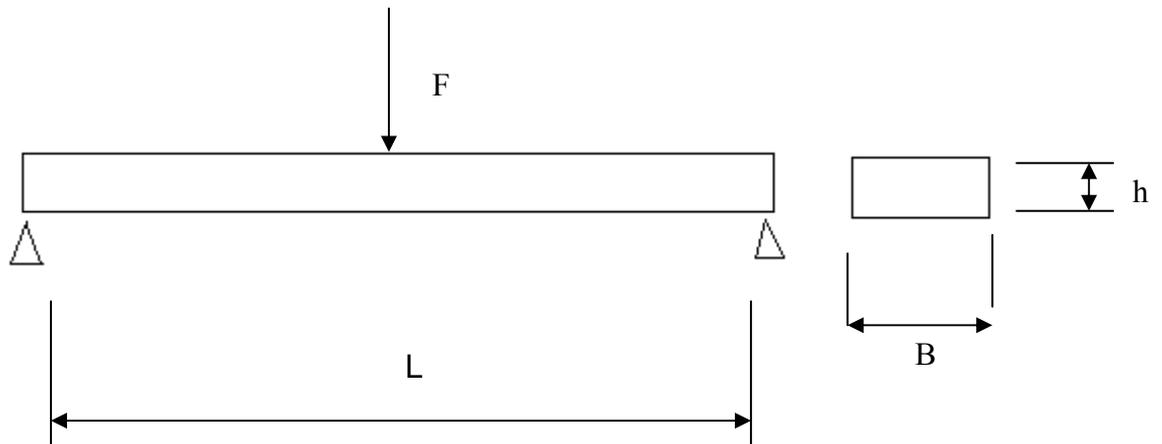
El análisis de la fuerza sobre la probeta para hacer que esta se introduzca dentro de la matriz se va a desarrollar como una viga (probeta) apoyada en sus dos extremos (hombros de la matriz) la cual se va a aplicar una fuerza vertical (punzón) en el centro de la probeta.



ESQUEMA DEL ENSAYO



Esquema de la distancia de los puntos de apoyo



Ubicación de las fuerzas, puntos de apoyo y sección transversal

Diagrama de Cuerpo Libre DCL

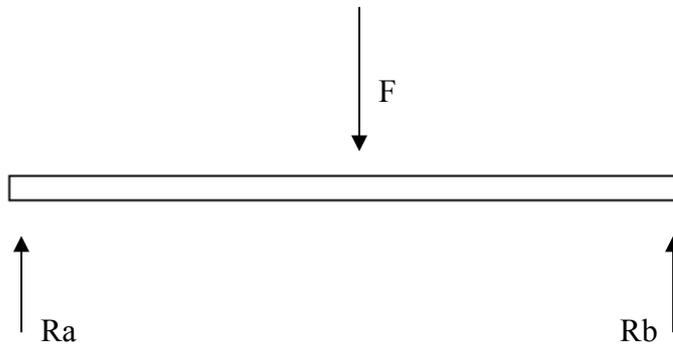
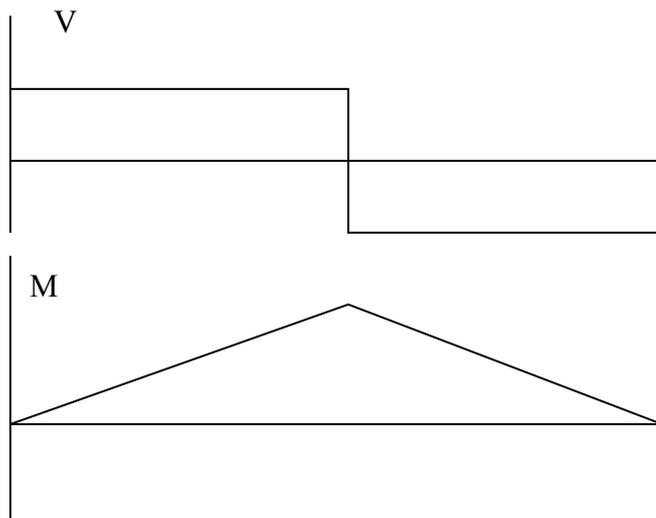


Diagrama de Fuerza cortante y momento flector



El material de la probeta fue asumido como el AISI 5160 templado y enfriado en aceite, ya que posee la mejor resistencia a la tensión, lo que conducirá a la mejor selección del material de los punzones y matrices.

Para cada matriz la fuerza aplicada será diferente debido a que los puntos de apoyos varían para cada simetría.

Los cálculos matemáticos para el cálculo de cada fuerza son los siguientes:

1. En el diagrama de momento flector se supone el máximo esfuerzo

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

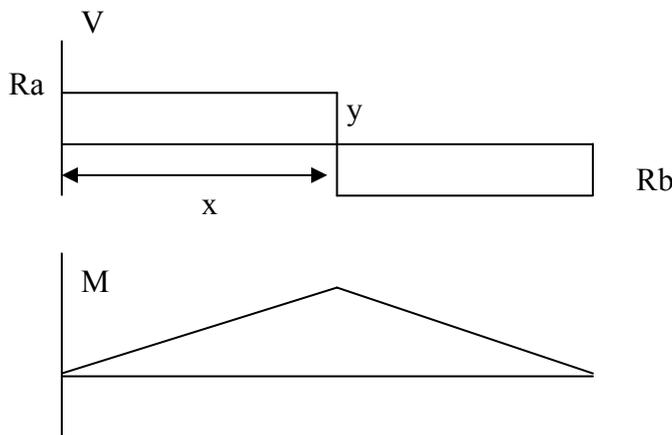
$$I = \frac{1}{12}bh^3 \quad c = h/2$$

Conocemos el esfuerzo (esfuerzo o resistencia última de la probeta = 1813MPa), también conocemos el momento polar de inercia (I) porque tenemos la sección transversal de la viga, y además la distancia de la fibra más lejos desde el eje neutro de la viga (c). De aquí despejamos el Momento (M) y este lo ubicamos en el diagrama de fuerza cortante y momento flector

2. Diagrama de fuerza cortante y momento flector

Conociendo el valor del Momento podemos hallar el valor de la fuerza cortante, este último significa la reacción ubicada en cada uno de los extremos de la viga.

El área creada por el valor de la fuerza cortante o también valor de la reacción en el extremo de la viga y la distancia hasta donde está la fuerza vertical ejercida por el punzón nos da el valor del momento. Teniendo el valor del momento y conociendo la distancia de los puntos de apoyos hallamos el valor de la reacción en los extremos.



$$R_a = R_b$$

Por simetría

$$M = yx$$

$$x = L/2$$

$$\rightarrow M = \frac{yL}{2}$$

$$\Rightarrow y = R_a = \frac{2M}{L}$$

De la anterior ecuación hallamos el valor de “y” el cual es la reacción ubicada en cada uno de los extremos, este valor es el que se aplicara como carga a cada uno de los hombros de la matriz y la fuerza aplicada por el punzón es entonces el valor de la reacción multiplicada por 2.

Carga para los hombros de la matriz: $Ra = Rb$

Carga para el punzón: $F = 2xRa$

Cada una de estas cargas anteriores tendrán un incremento del 20% debido a un factor de seguridad por soldadura debido a la zona afectada por el calor (ZAC), en la soldadura esta zona hace que se incrementen las propiedades mecánicas de la pieza debido a un cambio en la estructura química de la pieza ocasionada por el calor de la fusión entre el material de aporte y la pieza.

Por tanto $F = F \times 1,2$ y $Ra = Ra \times 1,2$

Estas cargas o fuerzas, serán aplicadas en una determinada área, por tanto para la simulación de la pieza o matriz en el ANSYS, esta carga o fuerza se colocara como presión dividiendo la fuerza entre el área de contacto entre la probeta y los hombros de la matriz o punta del punzón según sea el caso

Por tanto: la presión esta dada por: $P = \frac{F}{A}$, donde “F” es la fuerza aplicada sobre el área de contacto y “A” es el área de contacto.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = Ra = \frac{2M}{L} \quad \rightarrow \quad P = \frac{2.M}{L.A}$$

A continuación el análisis mecánico para cada una de las matrices y punzones

3.3 DESIGNACIÓN DE LAS ÁREAS DE CONTACTO DE LAS MATRICES

El área sobre los hombros de las matrices, se ubica de la siguiente forma, el cuarto de circunferencia se dividió en 5 partes simétricamente, cada una de estas partes se conoce como:

- Posición 1. Área ubicada en la parte alta del hombro de la matriz.
- Posición 2. Área ubicada simétricamente entre la posición 1 y posición 3.
- Posición 3. Área ubicada en la mitad de la parte superior del hombro y la parte inferior del hombro de la matriz
- Posición 4. Área ubicada simétricamente entre la Posición 3 y Posición 5.
- Posición 5. Área ubicada en la parte inferior o final de la curvatura del hombro.

Por ultimo, otra área a determinar es la que está sobre la parte plana superior de la matriz (punto inicial del ensayo) , esta es mucho más grande que la de los hombros.

- Posición 6. Área sobre la parte plana superior de la matriz

3.4 DESIGNACIÓN DE MATRICES Y PUNZONES

Norma API. Espesor de probeta $\frac{1}{2}$ "

Matriz 1. Matriz API

Punzón 1. Punzón API para matriz 1.

Norma AWS. Espesor de probeta $\frac{3}{8}$ "

Matriz 2. Matriz AWS para punto mínimo de fluencia especificado para el metal base de <50000 .

Punzón 2. Punzón AWS para matriz 2.

Matriz 3. Matriz AWS para punto mínimo de fluencia especificado para el metal base de $50000 < F_y < 90000$.

Punzón 3. Punzón AWS para matriz 3.

Matriz 4. Matriz AWS para punto mínimo de fluencia especificado para el metal base de > 90000 .

Punzón 4. Punzón AWS para matriz 4.

Norma ASME. Espesor de probeta 3/8"

Matriz 5. Matriz ASME para metal base P No.23 a P No.2X; P No.2X con F No.22 ó P No.35. Espesor de probeta = 1/8"

Punzón 5. Punzón ASME para matriz 5.

Matriz 6. Matriz ASME para metal base P No.11; P No.25; P No.21 ó P No.22 ó P No.25.

Punzón 6. Punzón ASME para matriz 6.

Matriz 7. Matriz ASME para metal base P No.51

Punzón 7. Punzón ASME para matriz 7.

Matriz 8. Matriz ASME para metal base P No.52; P No.61; P No.62.

Punzón 8. Punzón ASME para matriz 8.

Matriz 9. Matriz ASME para metal base todos los demás.

Punzon9. Punzón ASME para matriz 9

De las anteriores piezas (matriz y punzón) se tienen 3 matrices similares y 2 punzones similares.

Por tanto para el modelamiento computacional basta con analizar una sola pieza similar, ya que los resultados son los mismos entre estas dos piezas, las piezas similares son:

Matriz 4 = Matriz 6

Punzón 4 = punzón 6

Matriz 2 = Matriz 9

Punzón 2 = punzón 9

Matriz 2 = Matriz 5

4. ANÁLISIS DE MATRICES

4.1 ANÁLISIS DE LA MATRIZ API.

Ra = 18792.96 N

Área de contacto sobre los hombros de la matriz, $A1 = 8.4515 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

Área de contacto sobre la parte superior de la matriz, $A2 = 0.00129 \text{ m}^2$

De aquí las presiones P1 y P2

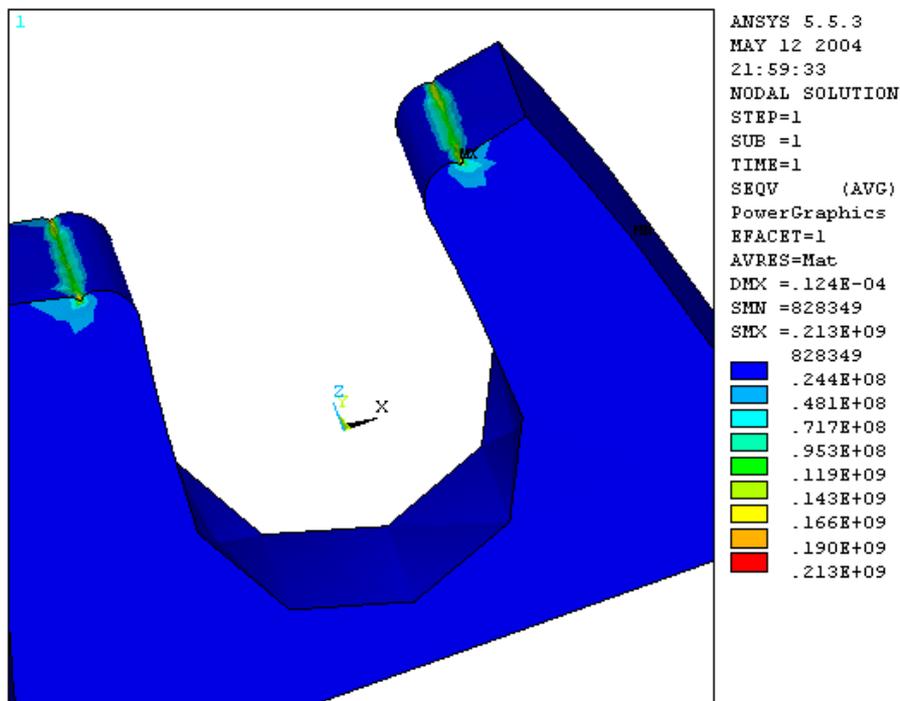
P1, sobre hombros de la matriz $P = 222362420.9 \text{ Pa} = 222.362 \text{ MPa}$

P2, sobre área de la parte plana superior $P = 14564573.13 \text{ Pa} = 14.564 \text{ MPa}$

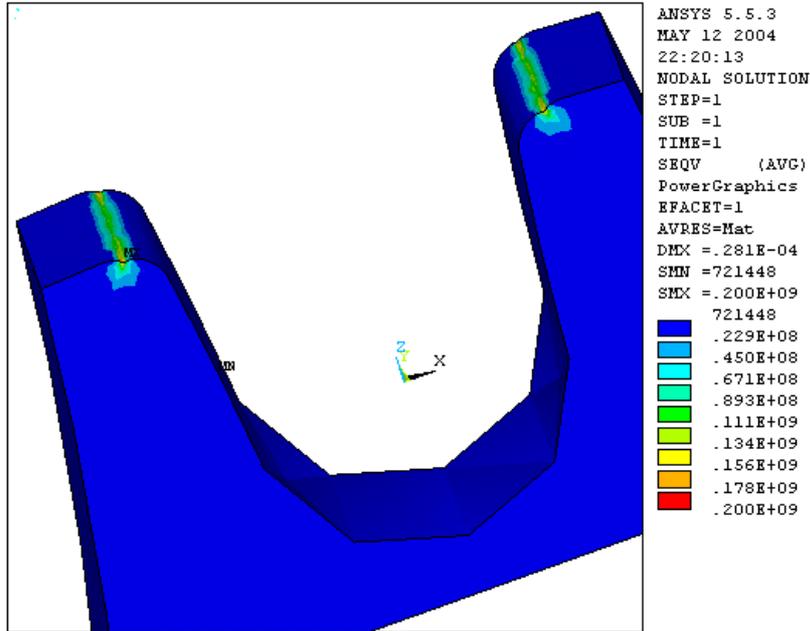
4.1.1 MODELAMIENTO COMPUTACIONAL MATRIZ 1.

1. Ubicación de la zona crítica (área que presenta mayor esfuerzo)

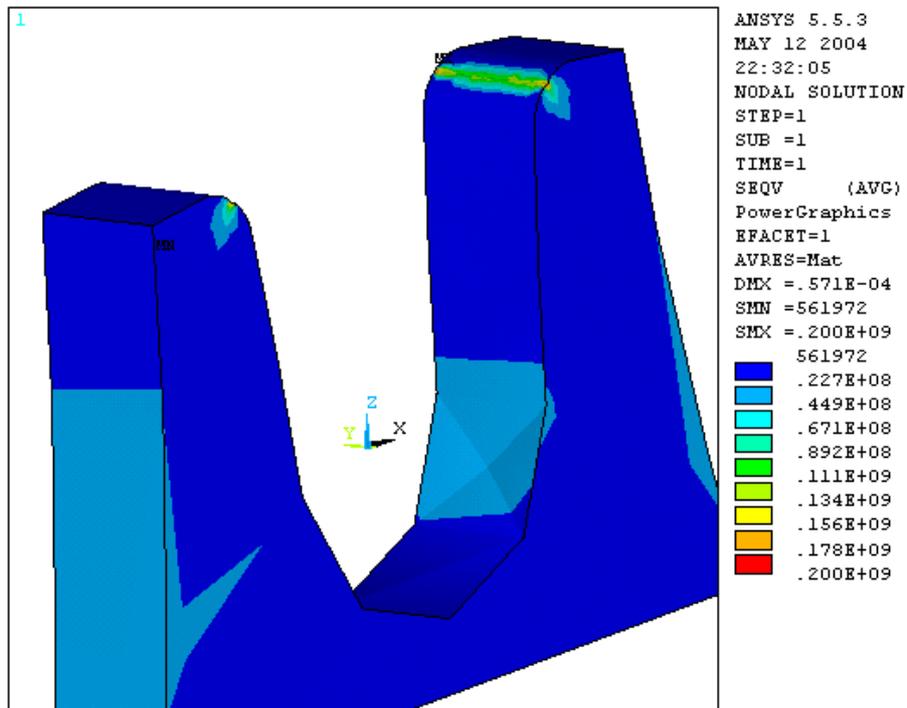
Posición 1.



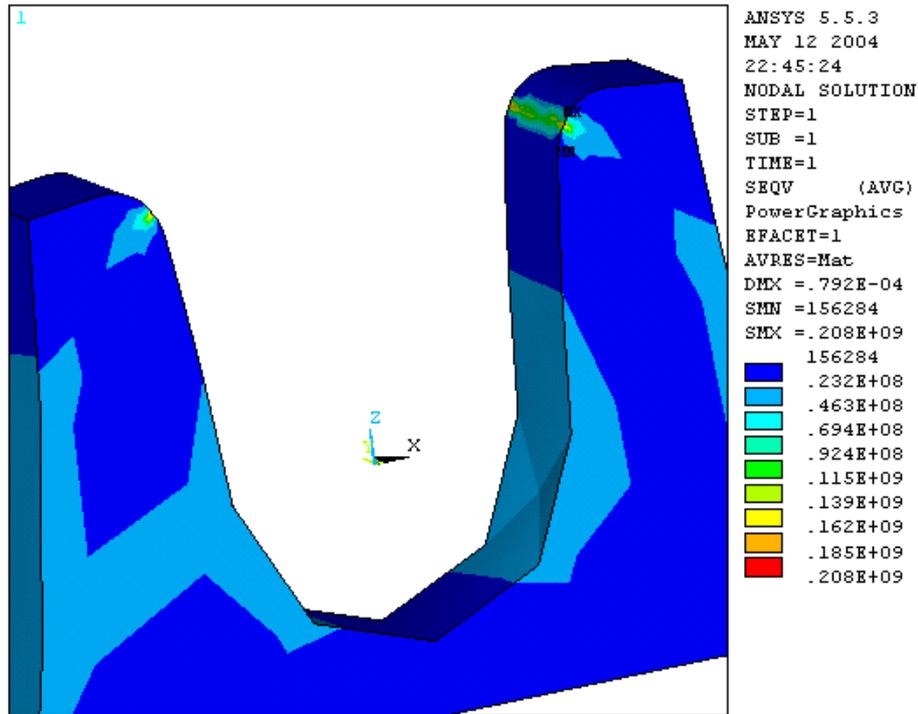
Posición 2.



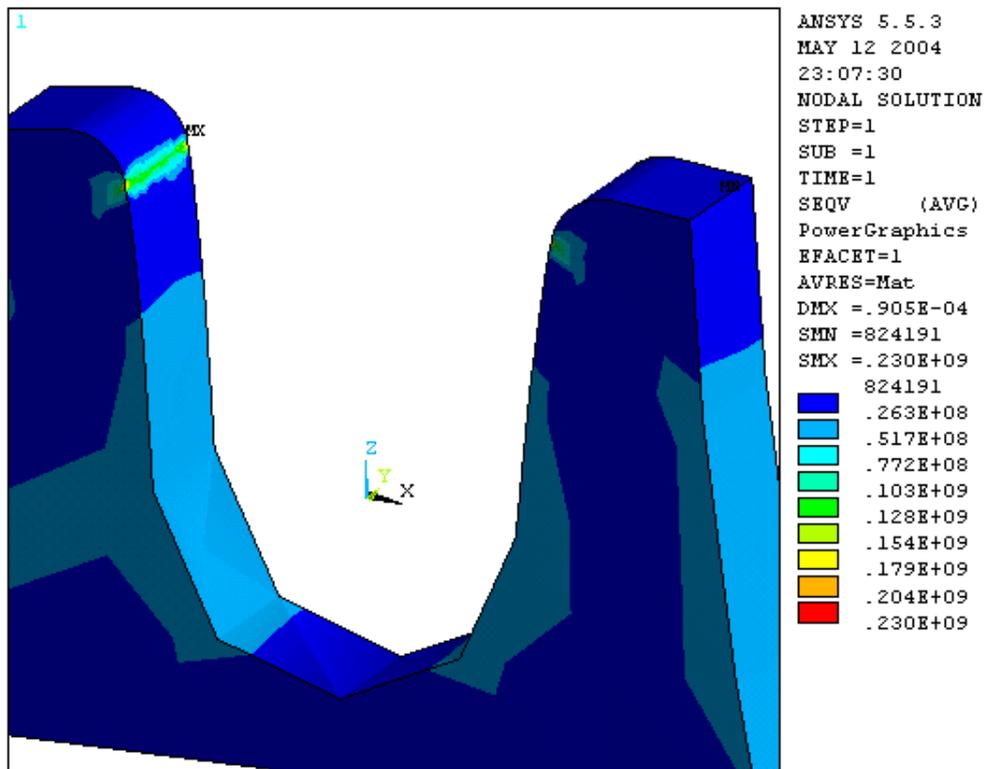
Posición 3.



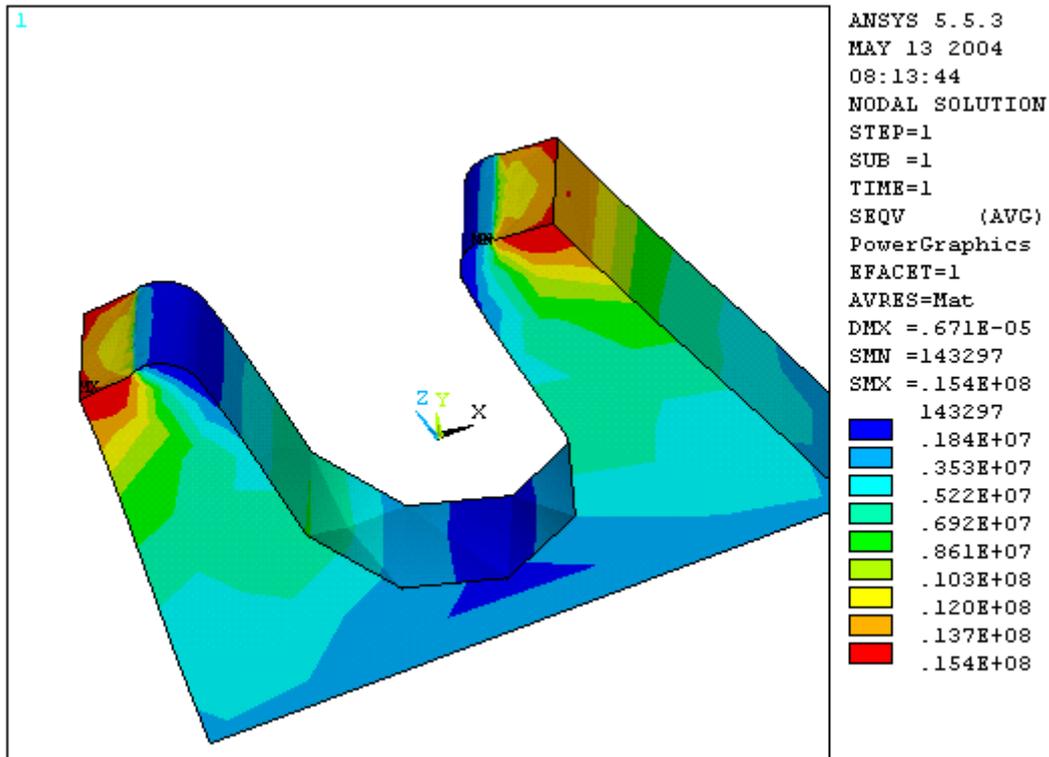
Posición 4.



Posición 5.



Posición 6.



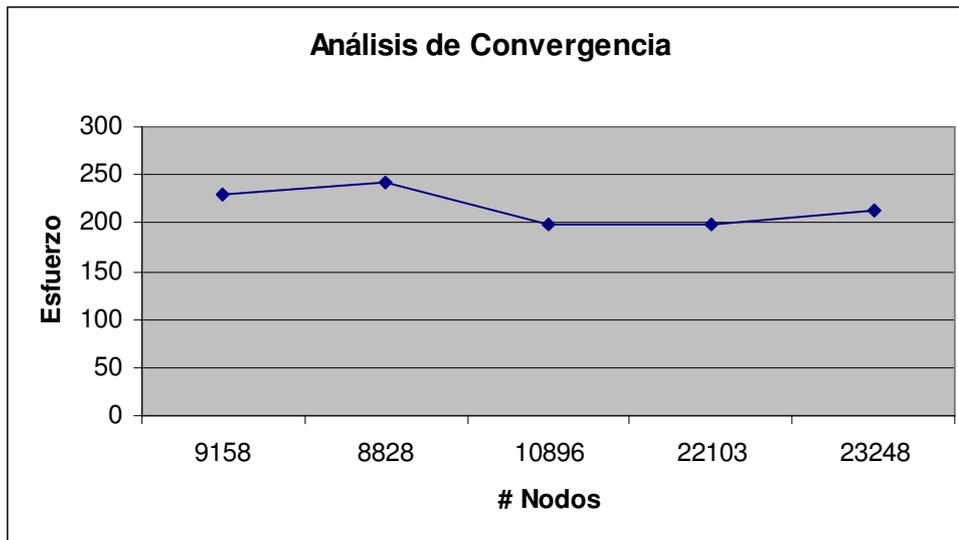
En la anterior grafica podemos observar que los esfuerzos son mínimos con respecto a las pequeñas áreas, esto quiere decir que en los próximos cálculos ésta será omitida. Las posiciones a evaluar serán entonces de la Posición 1 a la Posición 5.

✓ Para la Matriz 1 tenemos el área critica que llamaremos también posición critica en la Posición 5.

2. Análisis de convergencia para la Matriz 1.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	9158	8828	10896	22103	23248
Esfuerzo (MPa)	230	242	199	199	214

Tabla 1. Valores para análisis de convergencia para la Matriz 1.



Grafica 1. Grafica para análisis de convergencia Matriz 1.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 8 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 10896 (malla 8).

3. Conclusión.

El esfuerzo generado sobre los hombros de la Matriz 1, lo tomamos de los resultados arrojados por el enmallado 8, por tanto tenemos un Esfuerzo max de 199 MPa sobre el área de contacto entre la probeta y matriz, esfuerzo que comparado con el material de la Matriz 1, no lo supera.

4.2 ANALISIS PARA LAS MATRICES AWS

4.2.1 MATRIZ 2.

El resultado de esta Matriz 2, corresponde también para la Matriz 5 y Matriz 9. Por tanto estas matrices 5 y 9 no se analizaran en el análisis de las matrices de la ASME.

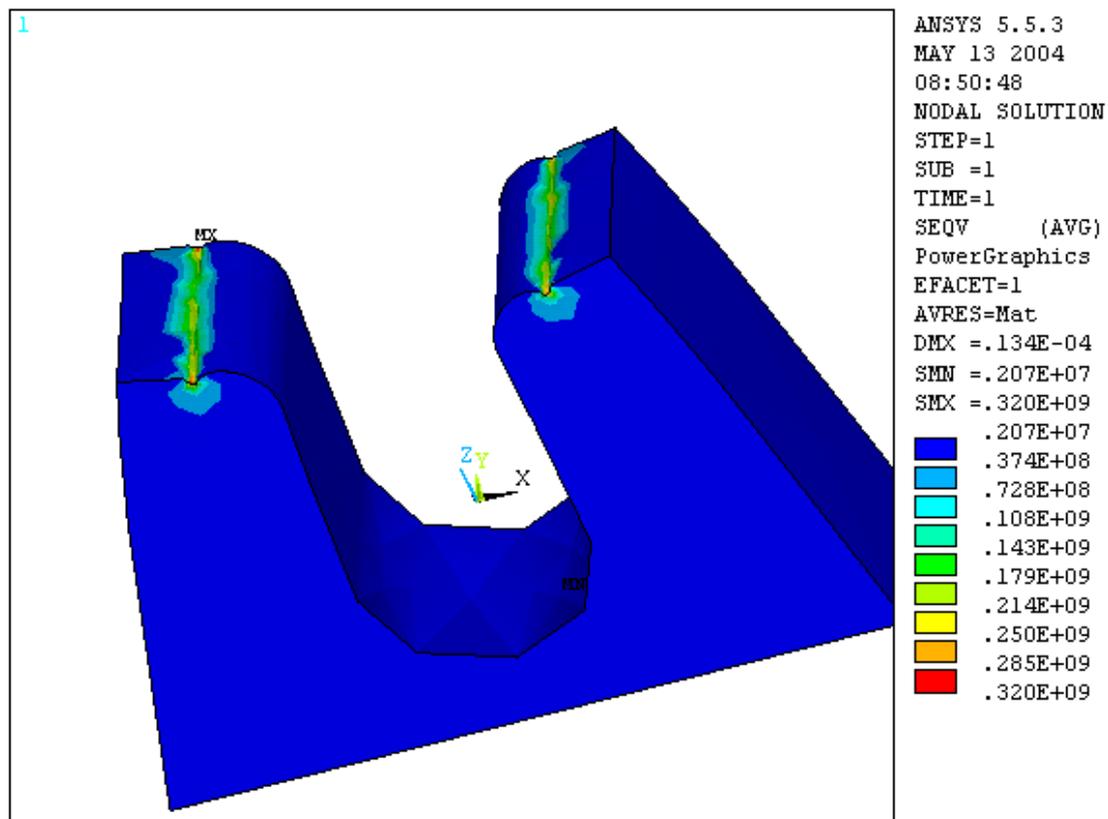
$R_a = 28194 \text{ N}$

$A = 8.4515 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

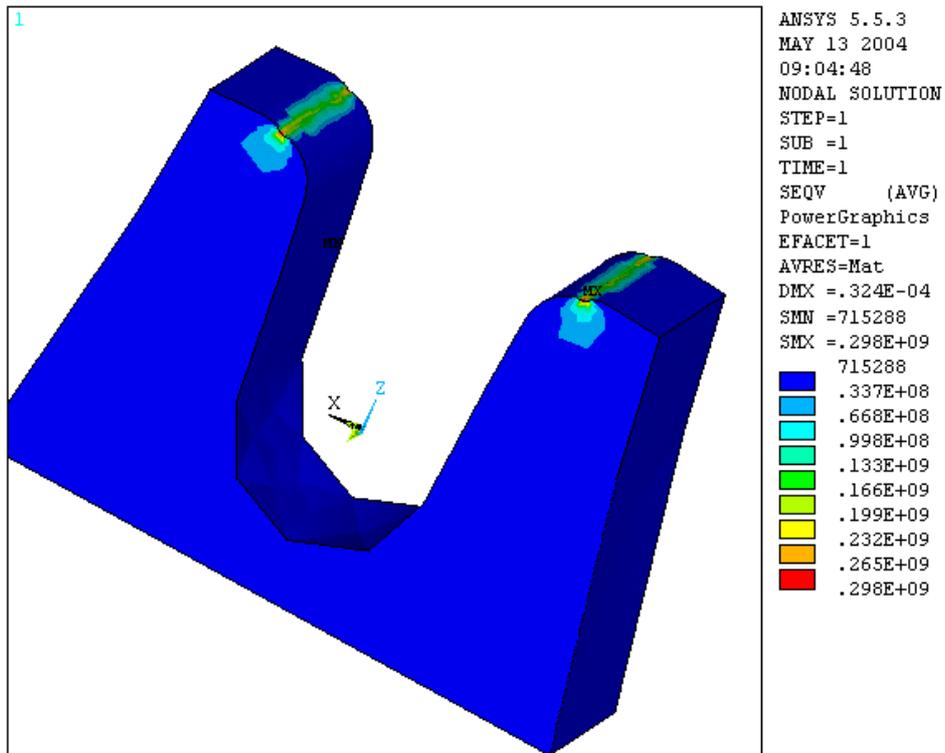
Esto da una presión de: $P = 333597586.2 \text{ Pa} = 333.597 \text{ MPa}$

1. Ubicación de la zona crítica (área que presenta mayor esfuerzo)

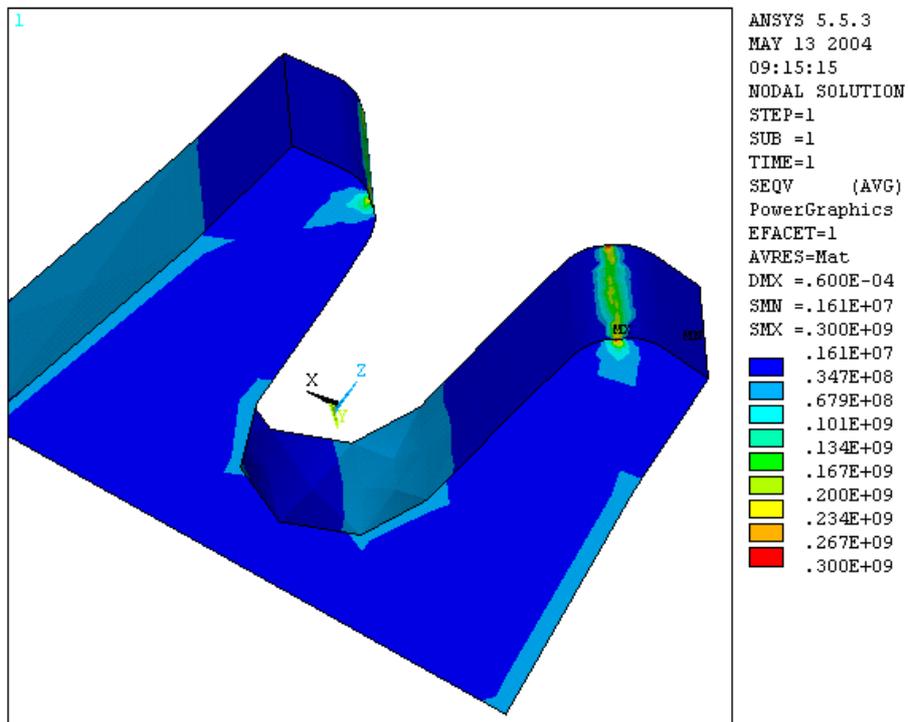
Posición 1. de la Matriz 2.



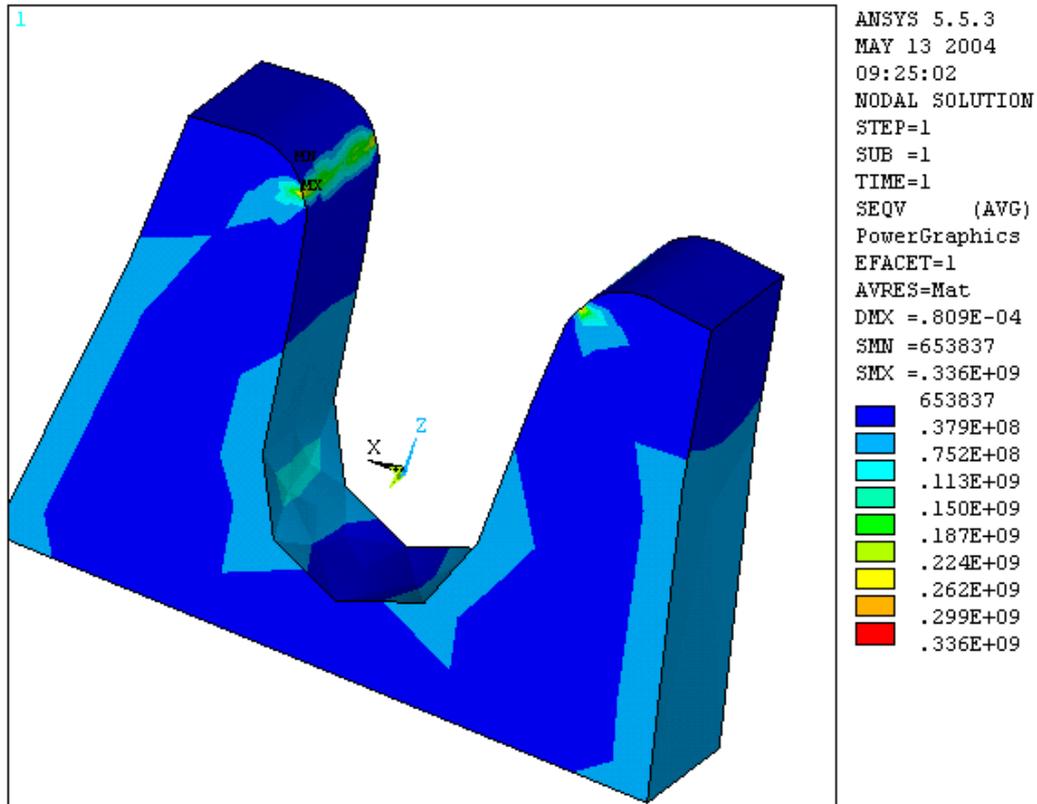
Posición 2. de la Matriz 2.



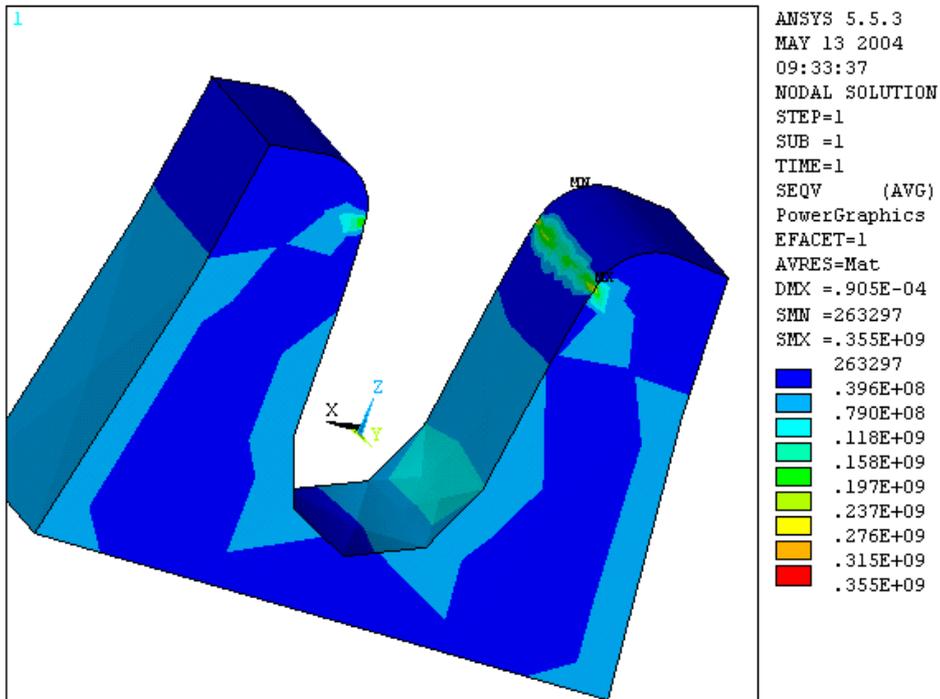
Posición 3. de la Matriz 2.



Posición 4. de la Matriz 2.



Posición 5. de la Matriz 2.

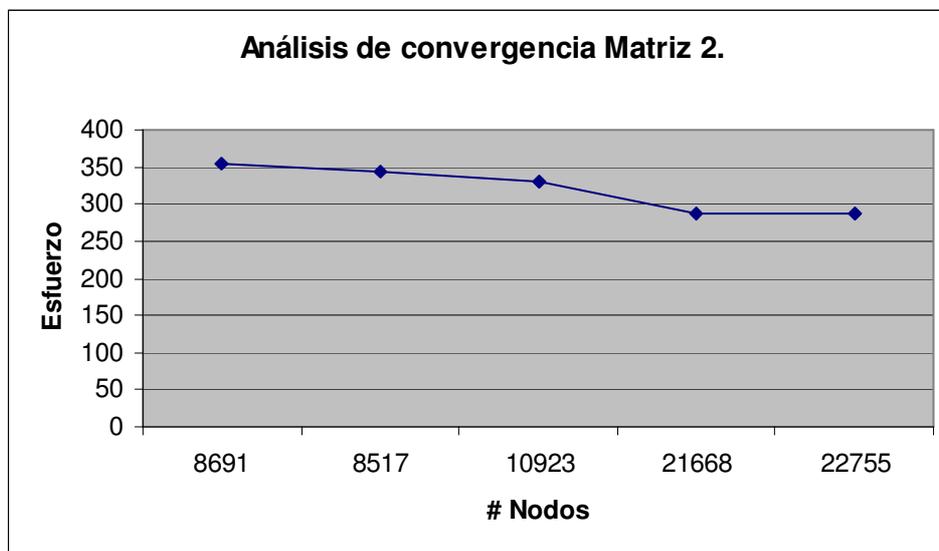


✓ Para la matriz 2. la posición crítica esta dada en la Posición 5.

2. Análisis de convergencia para la Matriz 2.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	8691	8517	10923	21668	22755
Esfuerzo (MPa)	355	344	330	288	286

Tabla 2. Valores para análisis de convergencia para la Matriz 2.



Grafica 2. Grafica para análisis de convergencia Matriz 2.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 7 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 21668 (malla 7).

3. Conclusión.

El esfuerzo generado sobre los hombros de la Matriz 2, lo tomamos de los resultados arrojados por el enmallado 7, por tanto tenemos un Esfuerzo max de 288 MPa sobre el área de contacto entre la probeta y matriz, esfuerzo que comparado con el material de la Matriz 2, no lo supera.

4.2.2 MATRIZ 3.

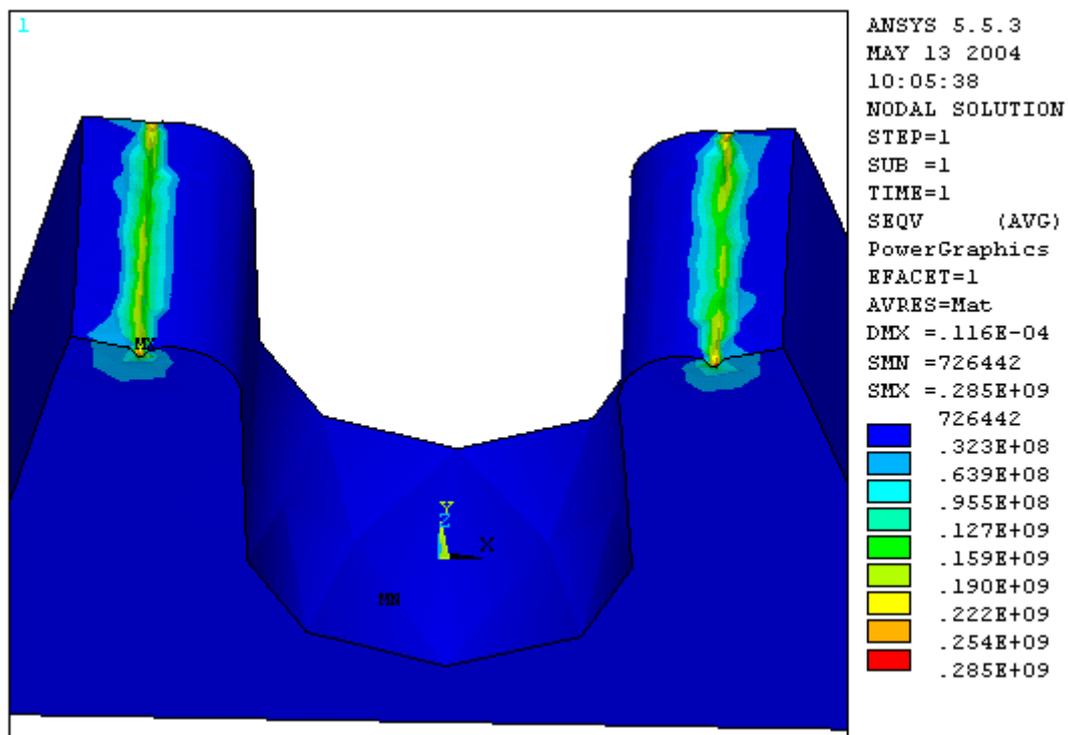
Ra = 25118.29 N

A = $8.4515 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

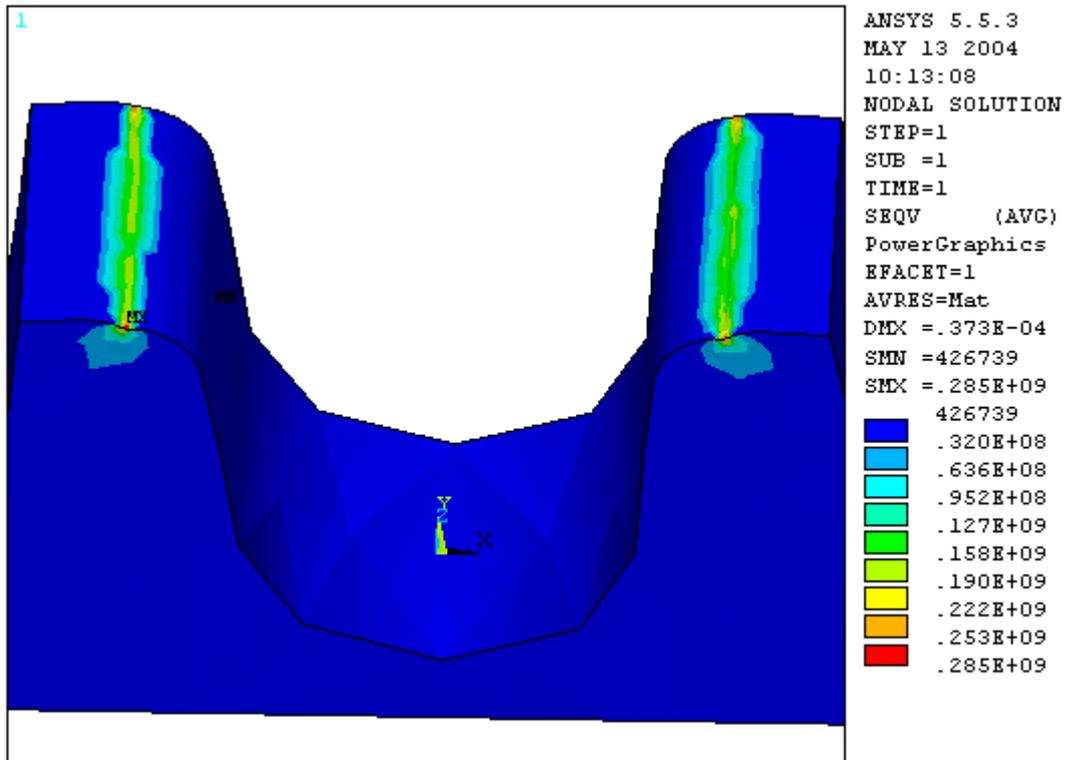
Esto da una presión de: P = 297222705 Pa = 297.222 MPa

1. Ubicación de la zona crítica (área que presenta mayor esfuerzo)

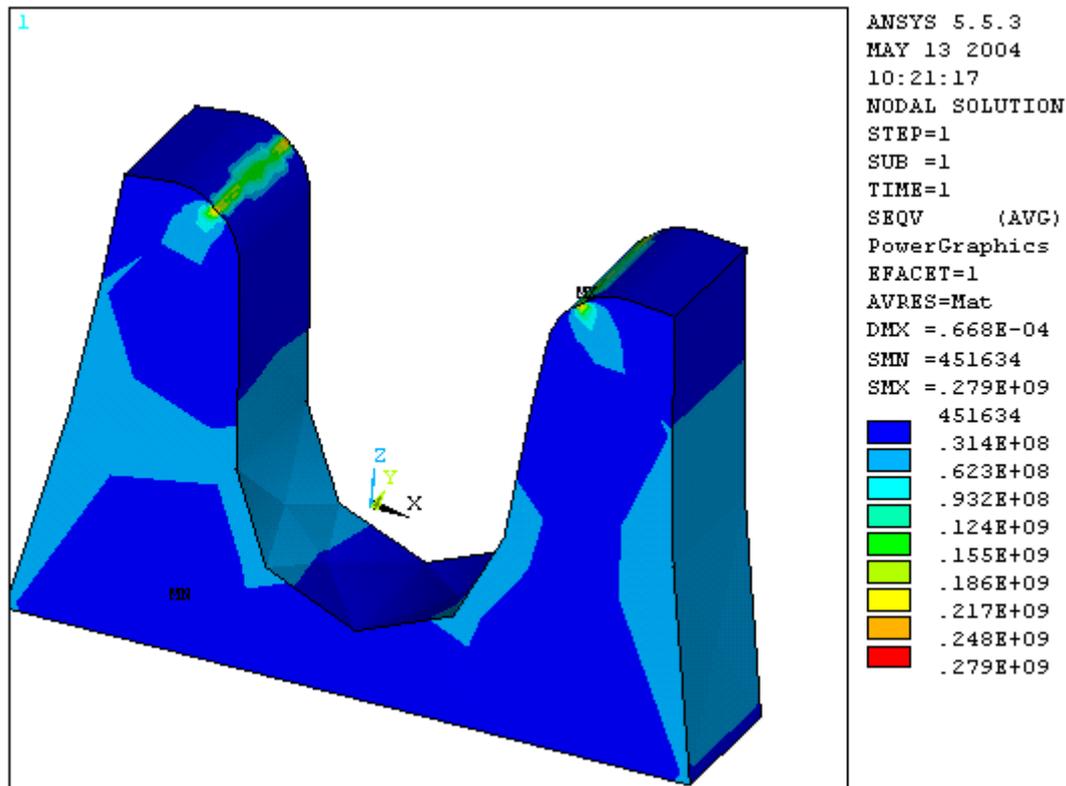
Posición 1. de la Matriz 3.



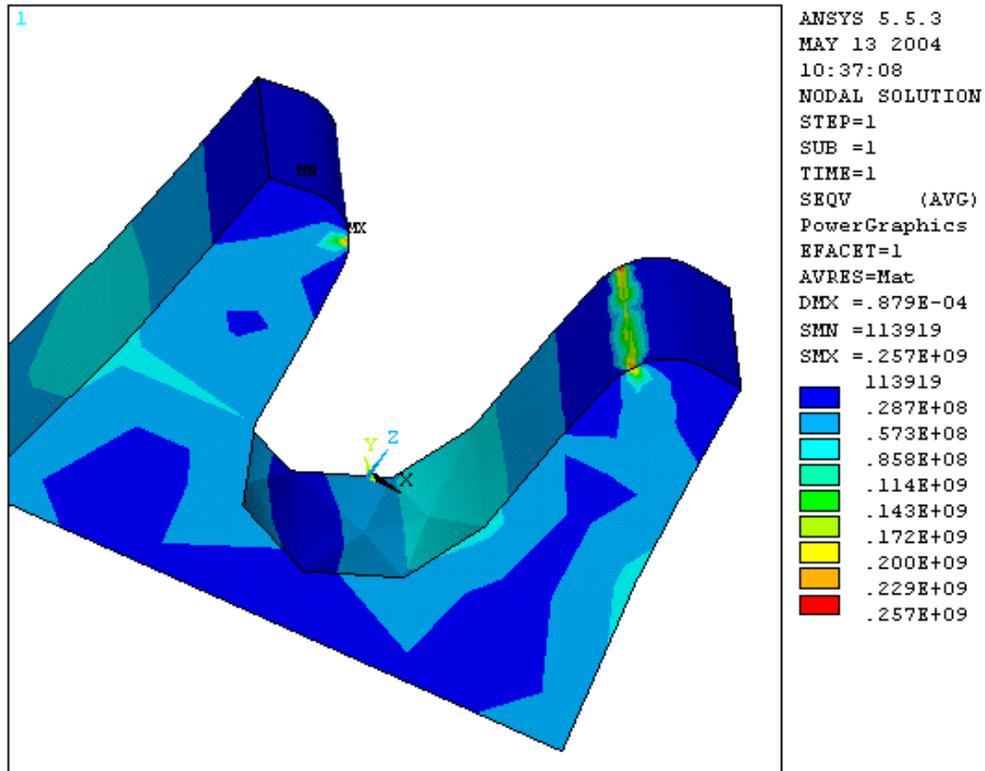
Posición 2. de la Matriz 3.



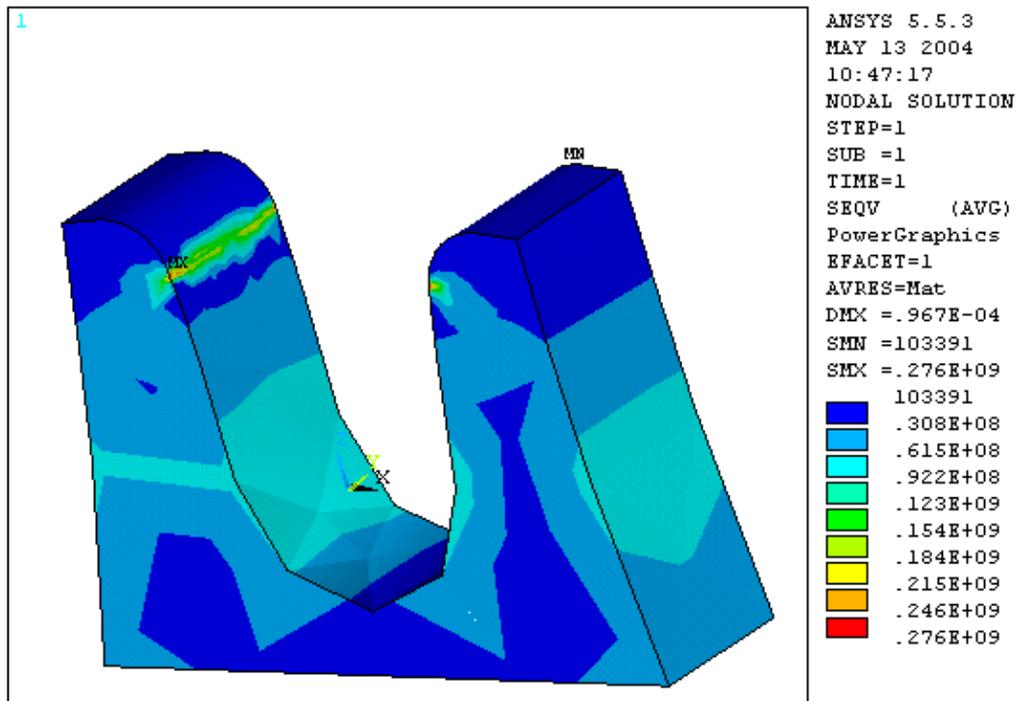
Posición 3. de la Matriz 3.



Posición 4. de la Matriz 3.



Posición 5. de la Matriz 3.

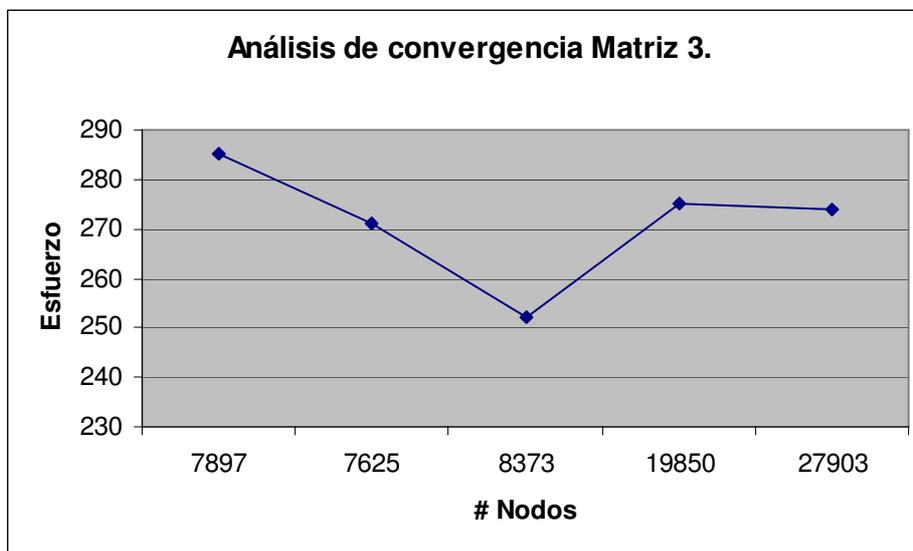


✓ Para la matriz 3. la posición crítica esta dada en la Posición 1 y 2.

2. Análisis de convergencia para la Matriz 3.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6	Malla 5
Nodos	7897	7625	8373	19850	27903	
Esfuerzo (MPa)	285	271	252	275	274	

Tabla 3. Valores para análisis de convergencia para la Matriz 3.



Grafica 3. Grafica para análisis de convergencia Matriz 3.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 7 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 19850 (malla 7).

3. Conclusión.

El esfuerzo generado sobre los hombros de la Matriz 3, lo tomamos de los resultados arrojados por el enmallado 7, por tanto tenemos un Esfuerzo max de 275 MPa sobre el área de contacto entre la probeta y matriz, esfuerzo que comparado con el material de la Matriz 3, no lo supera.

4.2.3 MATRIZ 4.

El resultado de esta Matriz 4, corresponde también para la Matriz 6. Por tanto esta matriz 6 no se analizara en el análisis de las matrices de la ASME.

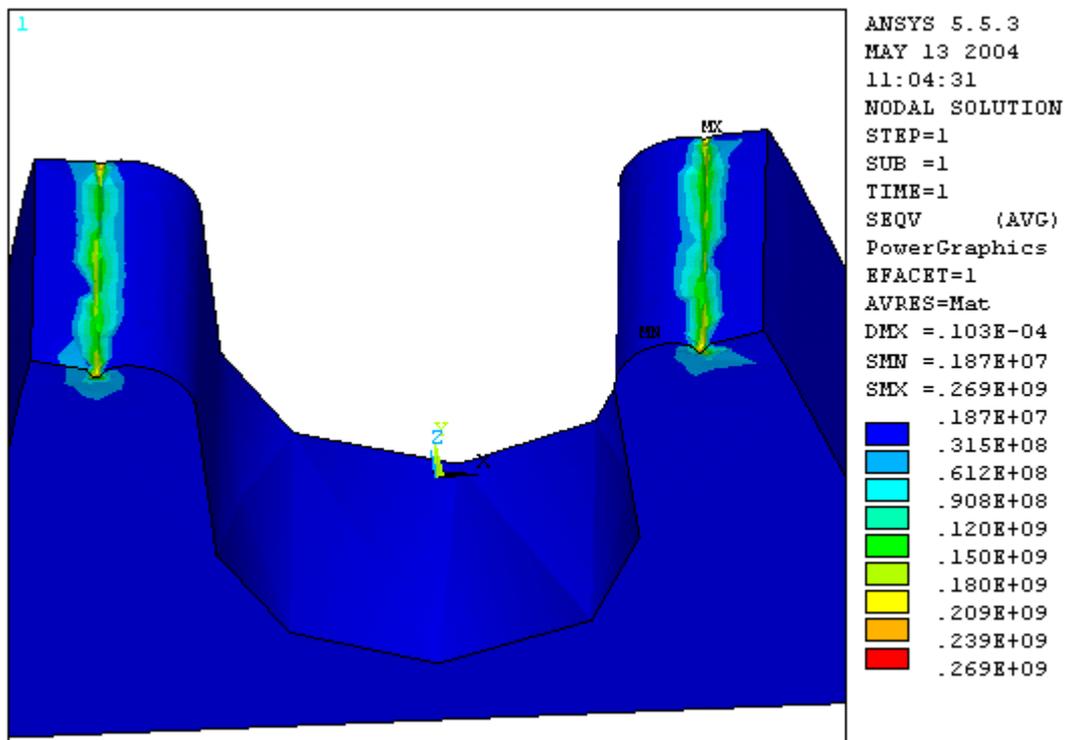
$R_a = 22282.344 \text{ N}$

$A = 8.4515 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

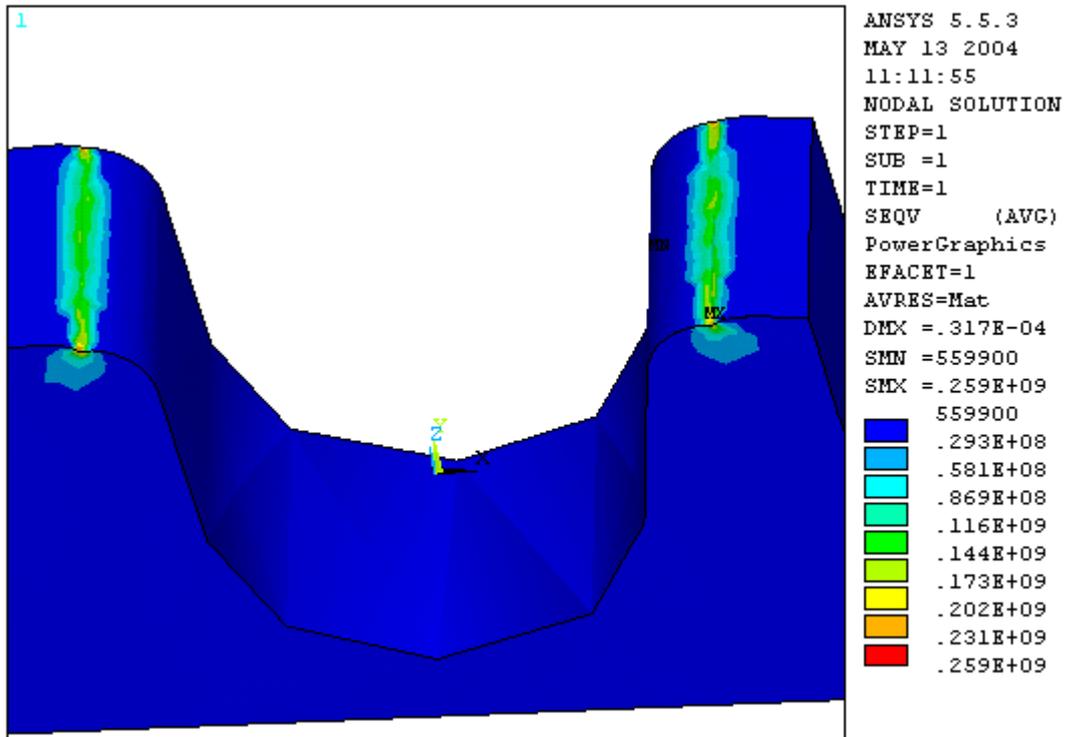
Esto da una presión de: $P = 263696378.7 \text{ Pa} = 263.696 \text{ MPa}$

1. Ubicación de la zona crítica (área que presenta mayor esfuerzo)

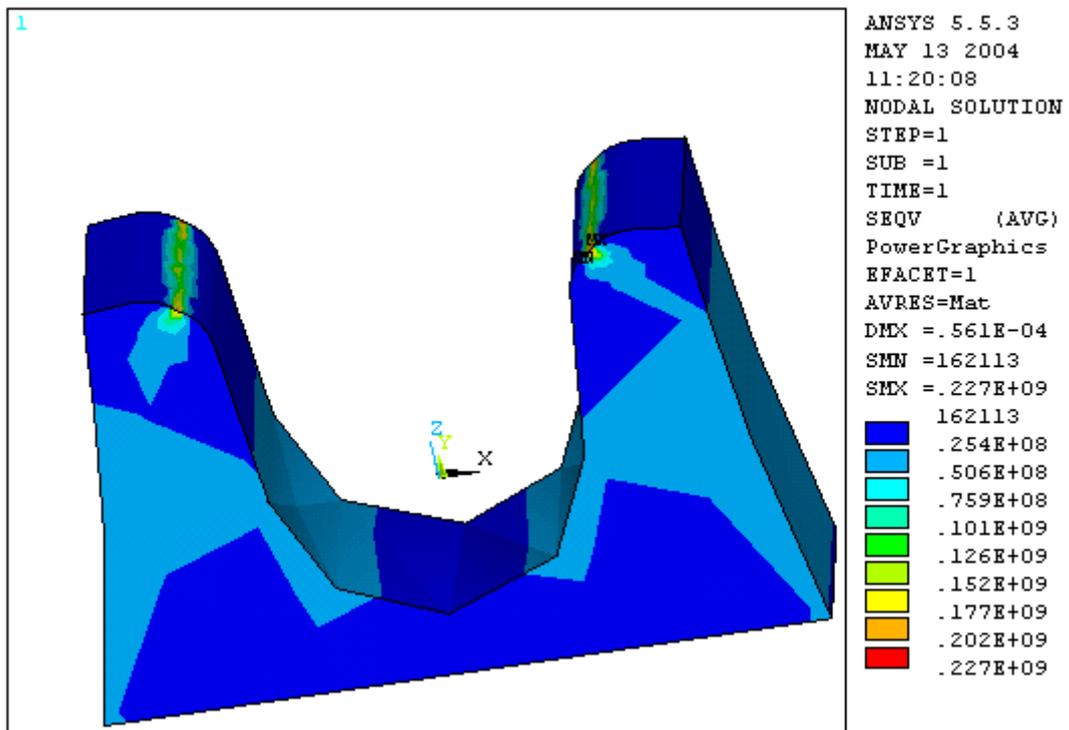
Posición 1. de la Matriz 4.



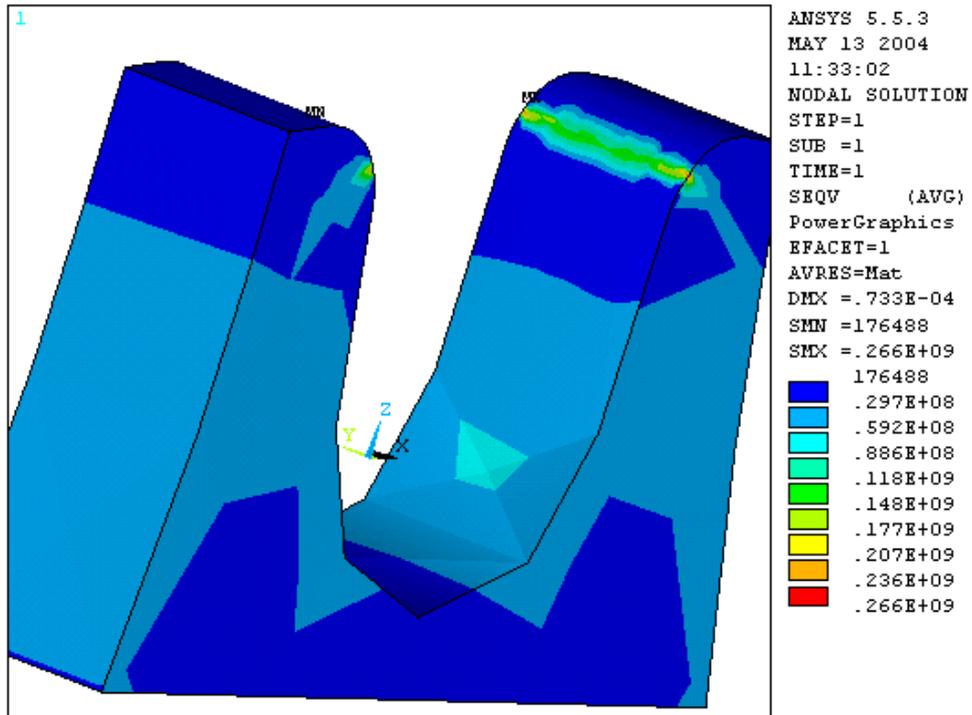
Posición 2. de la Matriz 4.



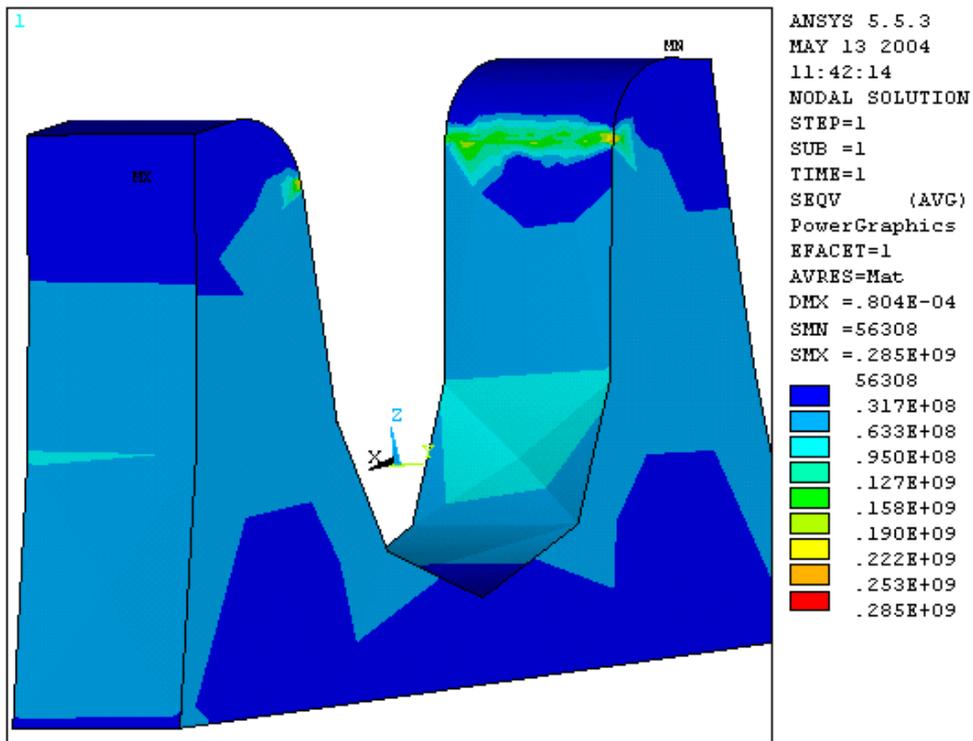
Posición 3. de la Matriz 4.



Posición 4. de la Matriz 4.



Posición 5. de la Matriz 4.

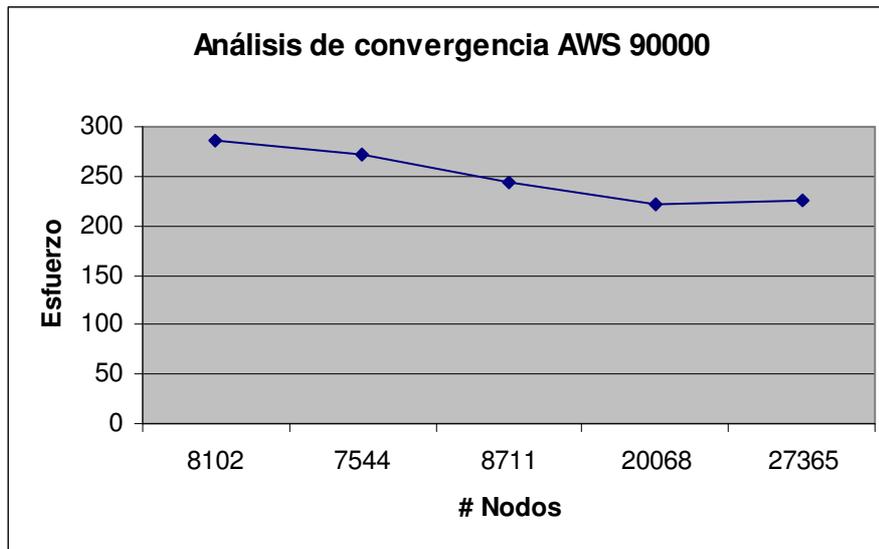


✓ Para la matriz 4. la posición crítica esta dada en la Posición 1.

2. Análisis de convergencia para la Matriz 4.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	8102	7544	8711	20068	27365
Esfuerzo (MPa)	285	271	244	221	226

Tabla 4. Valores para análisis de convergencia para la Matriz 4.



Grafica 4. Grafica para análisis de convergencia Matriz 4.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 7 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 20068 (malla 7).

3. Conclusión.

El esfuerzo generado sobre los hombros de la Matriz 4, lo tomamos de los resultados arrojados por el enmallado 8, por tanto tenemos un Esfuerzo max de 221 MPa sobre el área de contacto entre la probeta y matriz, esfuerzo que comparado con el material de la matriz 4, no lo supera.

4.3 ANALISIS PARA LAS MATRICES ASME

4.3.1 Matriz 7.

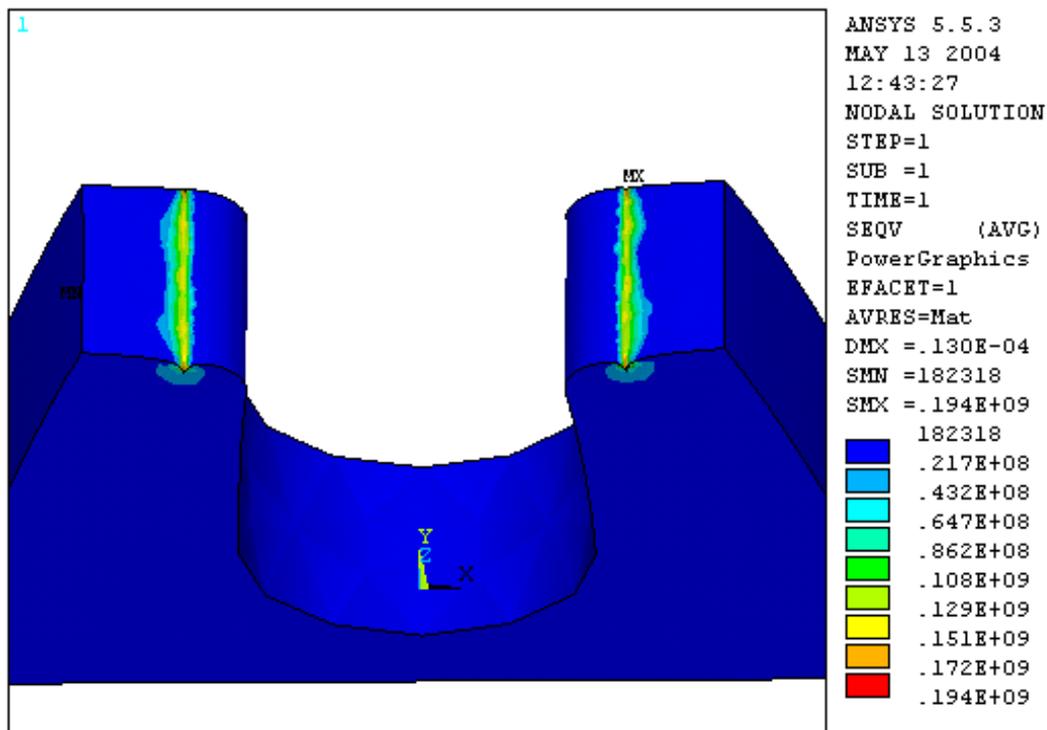
$R_a = 18220.3 \text{ N}$

$A = 8.4515 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

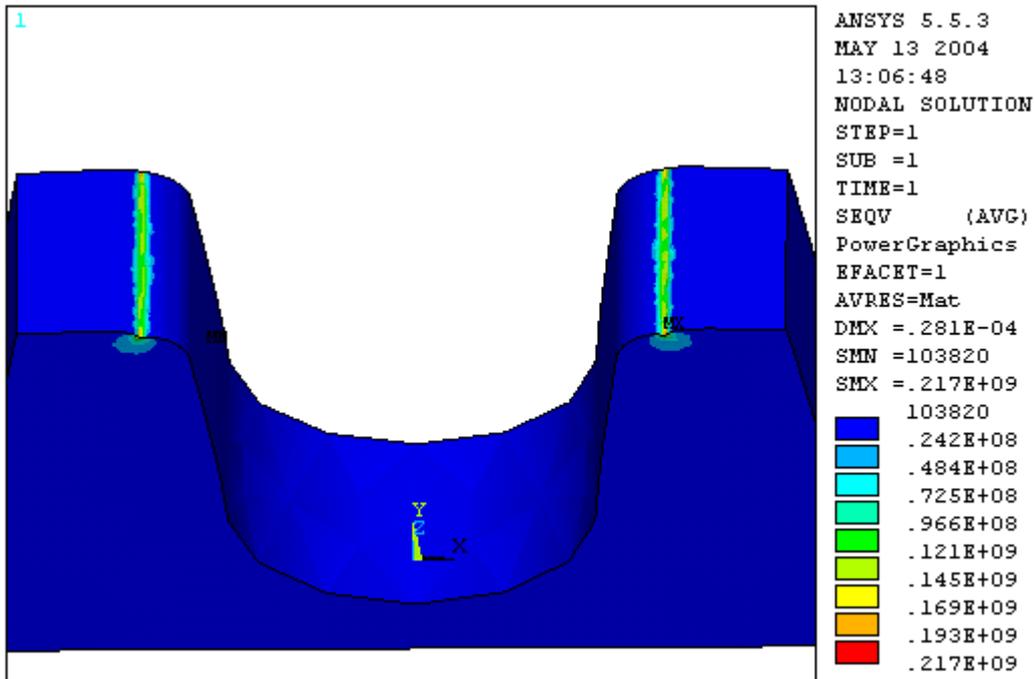
Esto da una presión de: $P = 215586582.3 \text{ Pa} = 215.586 \text{ MPa}$

1. Ubicación de la zona crítica (área que presenta mayor esfuerzo)

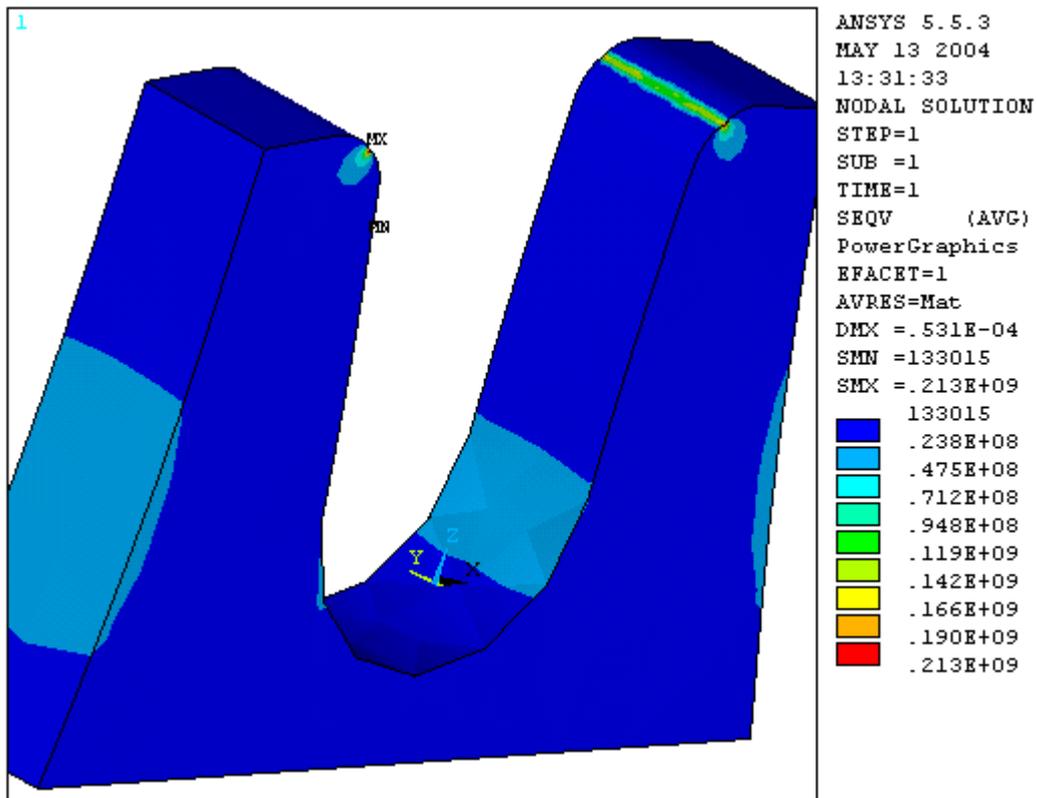
Posición 1. de la Matriz 7.



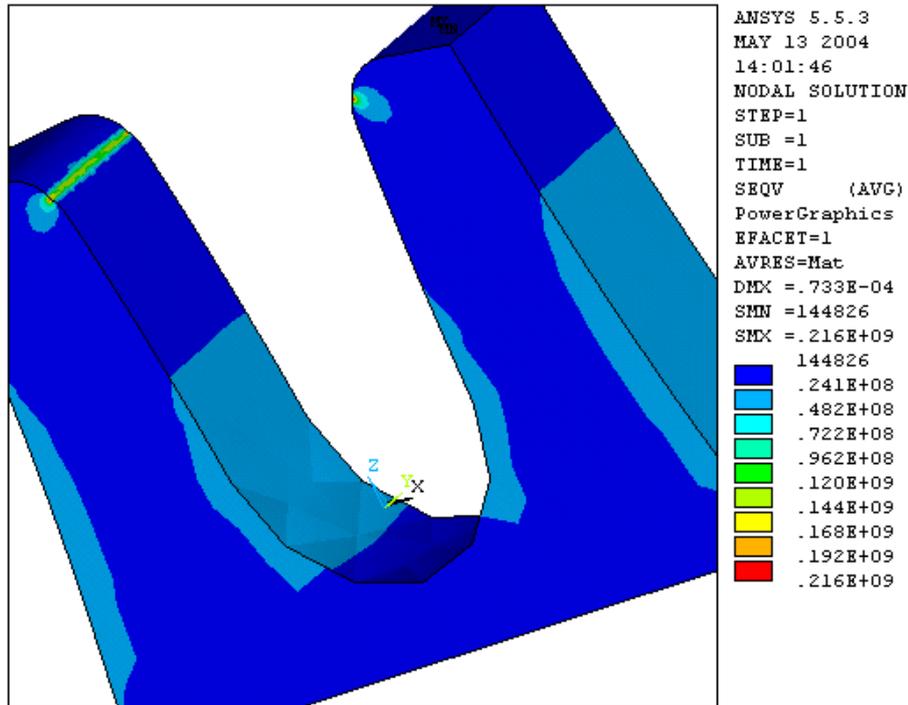
Posición 2. de la Matriz 7.



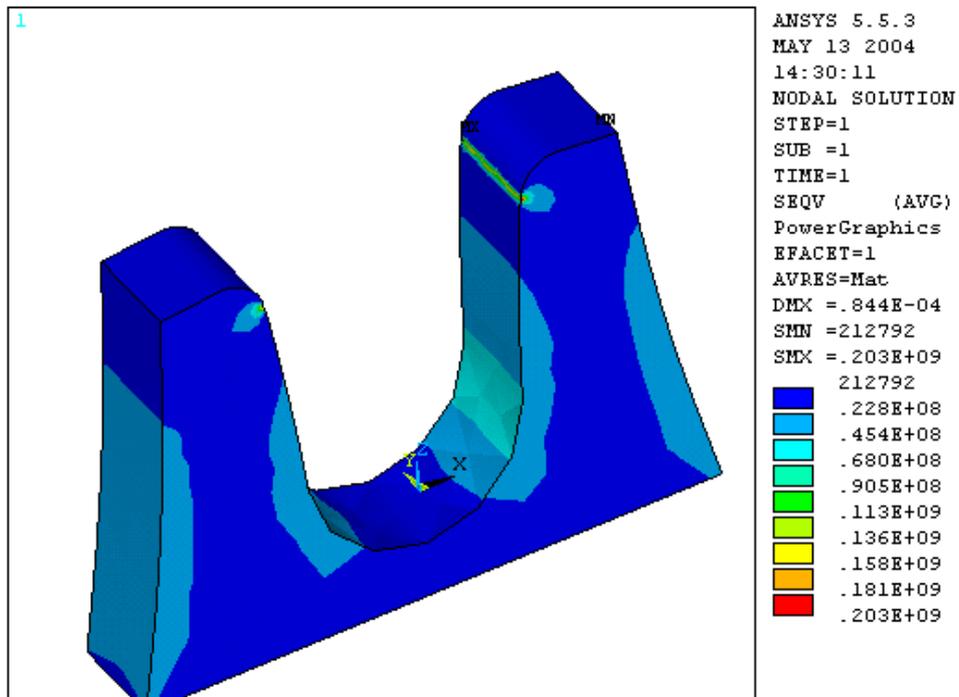
Posición 3. de la Matriz 7.



Posición 4. de la Matriz 7.



Posición 5. de la Matriz 7.

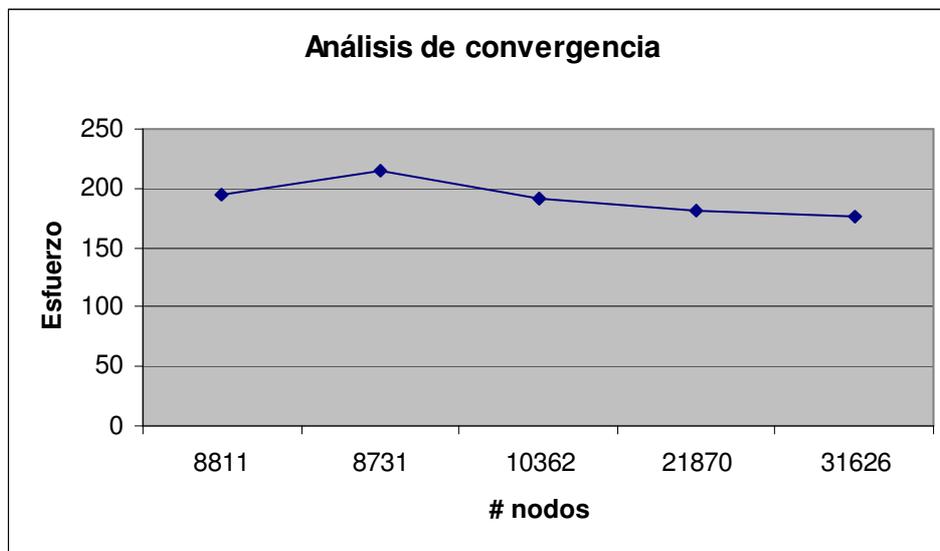


✓ Para la matriz 7. la posición crítica esta dada en la Posición 2.

2. Análisis de convergencia para la Matriz 7.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	8811	8731	10362	21870	31626
Esfuerzo (MPa)	194	215	191	182	176

Tabla 5. Valores para análisis de convergencia para la Matriz 7.



Grafica 5. Grafica para análisis de convergencia Matriz 7.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 8 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 10362 (malla 8) y resolvemos:

3. Conclusión.

El esfuerzo generado sobre los hombros de la Matriz 7, lo tomamos de los resultados arrojados por el enmallado 8, por tanto tenemos un Esfuerzo max de 191 MPa sobre el área de contacto entre la probeta y matriz, esfuerzo que comparado con el material de la Matriz 7, no lo supera.

4.3.2 Matriz 8.

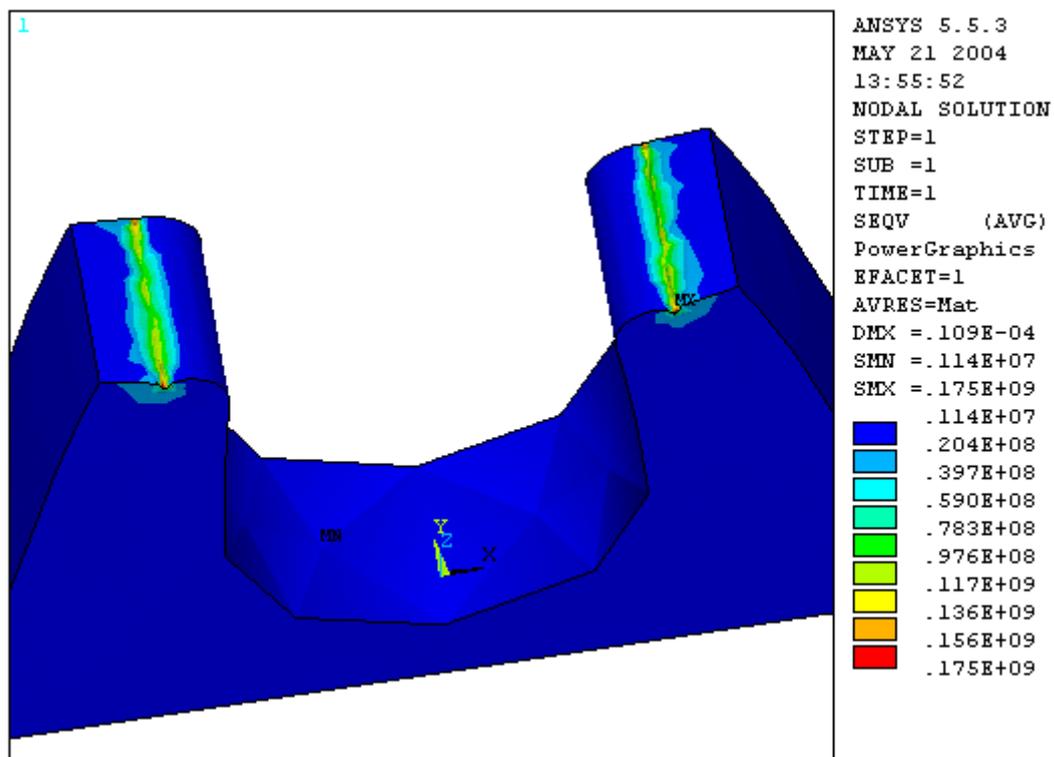
$R_a = 15996.084 \text{ N}$

$A = 8.4515 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

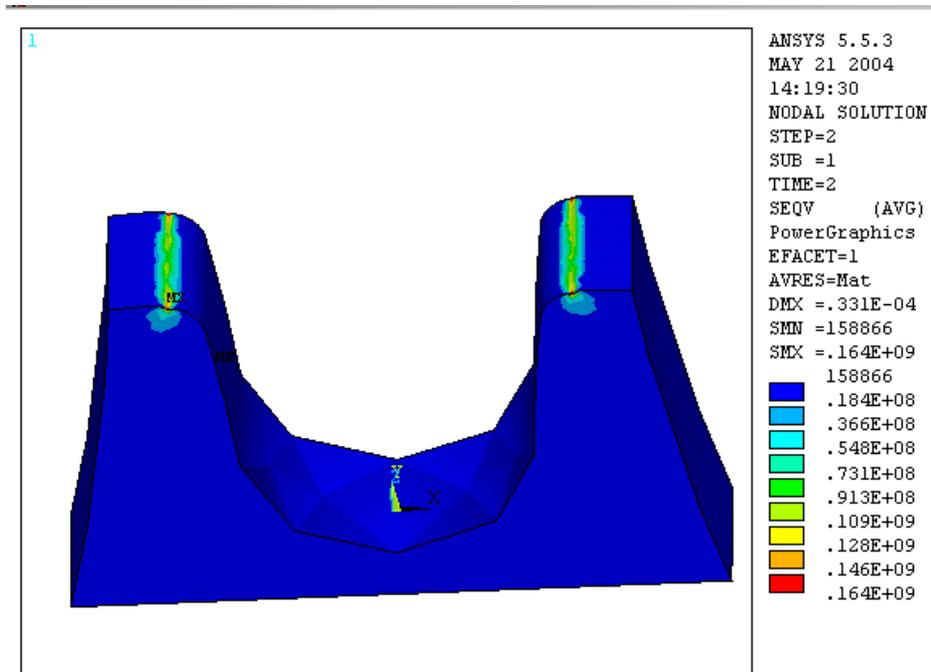
Esto da una presión de: $P = 189280369 \text{ Pa} = 189.280 \text{ MPa}$

1. Ubicación de la zona crítica (área que presenta mayor esfuerzo)

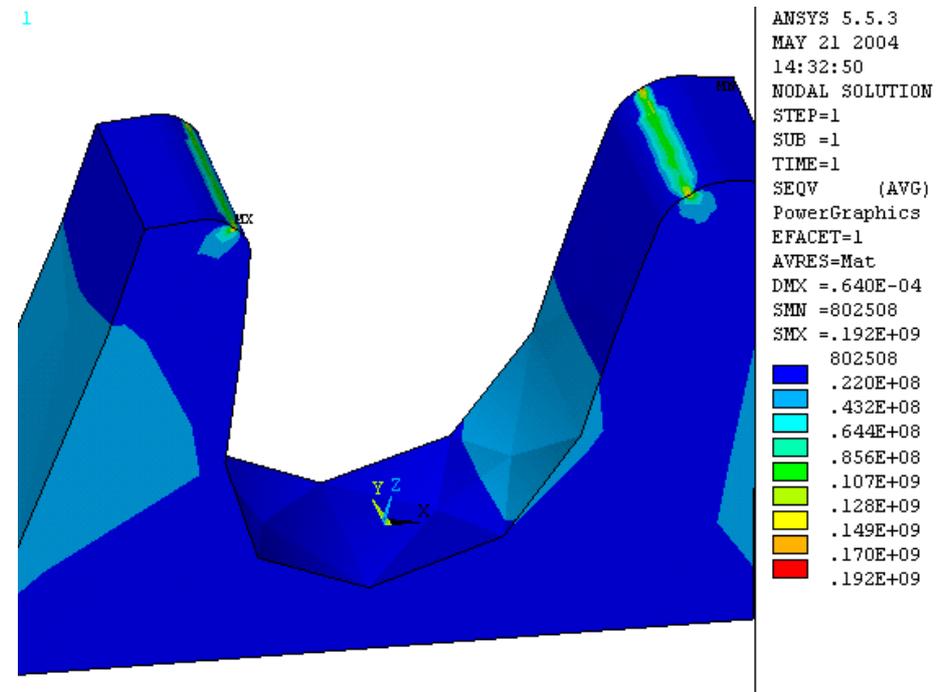
Posición 1. de la Matriz 8.



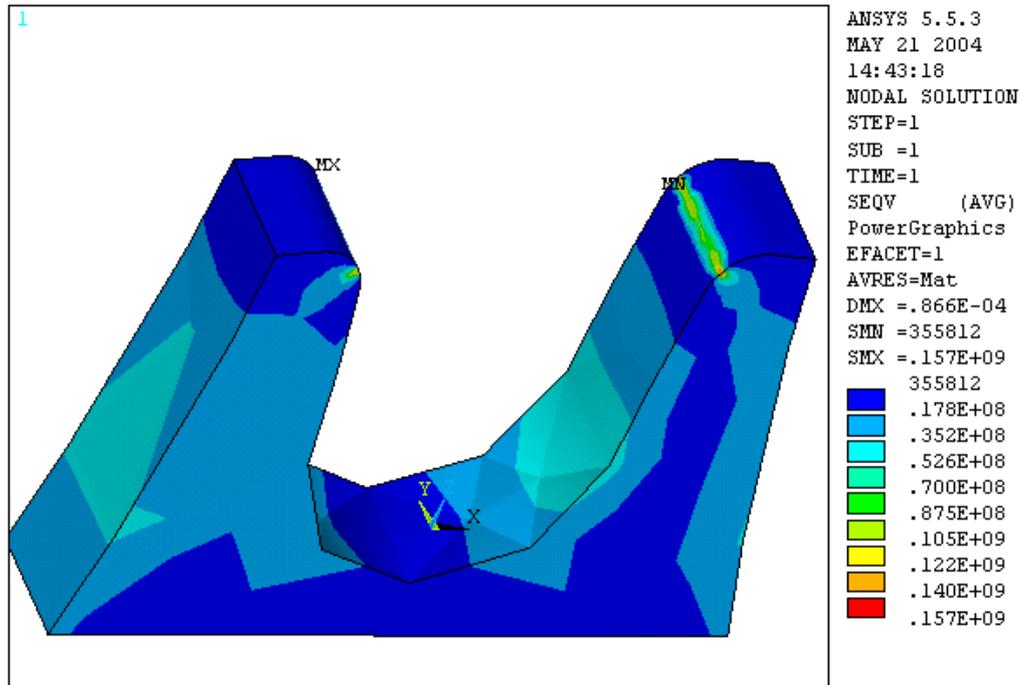
Posición 2. de la Matriz 8.



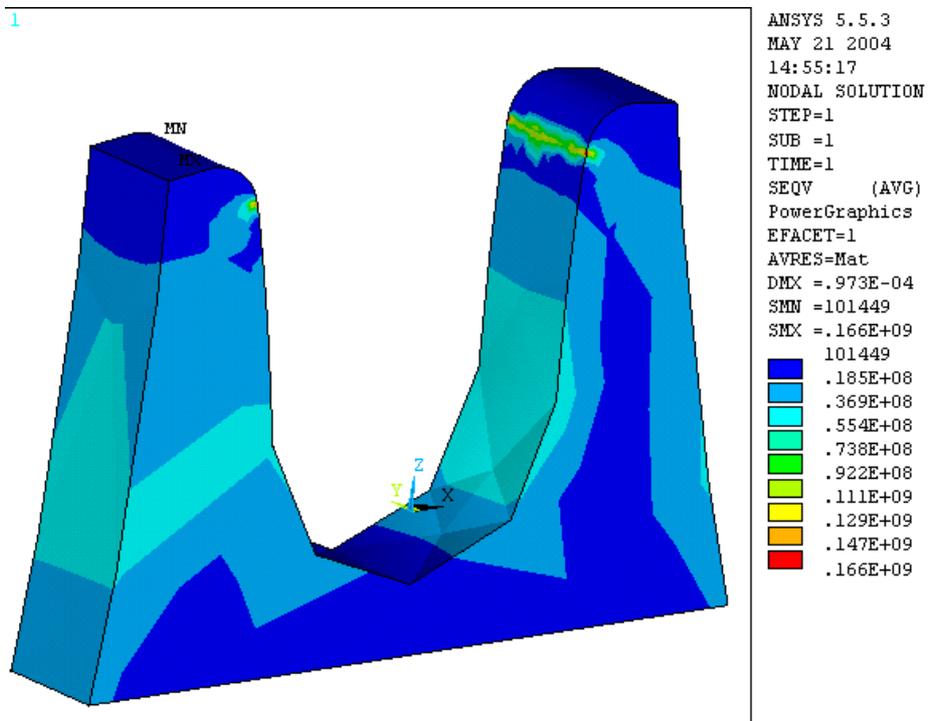
Posición 3. de la Matriz 8



Posición 4. de la Matriz 8.



Posición 5. de la Matriz 8

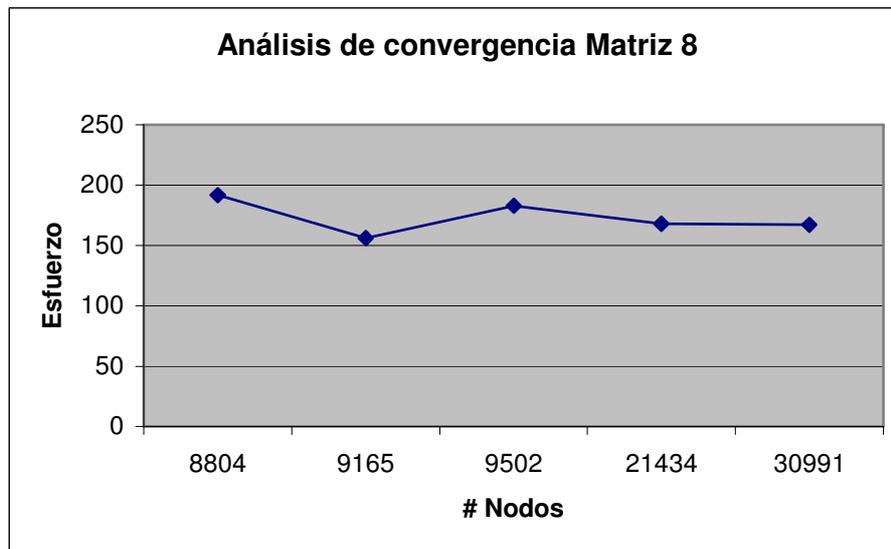


✓ Para la matriz 8. la posición crítica esta dada en la Posición 3.

2. Análisis de convergencia para la Matriz 8.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	8804	9165	9502	21434	30991
Esfuerzo (MPa)	192	156	183	168	167

Tabla 6. Valores para análisis de convergencia para la Matriz 8.



Grafica 6. Grafica para análisis de convergencia Matriz 8.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 7 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 21434 (malla 7)

3. Conclusión

El esfuerzo generado sobre los hombros de la Matriz 8, lo tomamos de los resultados arrojados por el enmallado 8, por tanto tenemos un Esfuerzo max de 168 MPa sobre el área de contacto entre la probeta y matriz, esfuerzo que comparado con el material de la Matriz 8, no lo supera.

5. ANALISIS DE LOS PUNZONES

5.1 ANÁLISIS DEL PUNZON API.

PUNZÓN 1.

$$F = 37585.92 \text{ N}$$

$$A = 196.99 \text{ mm}^2$$

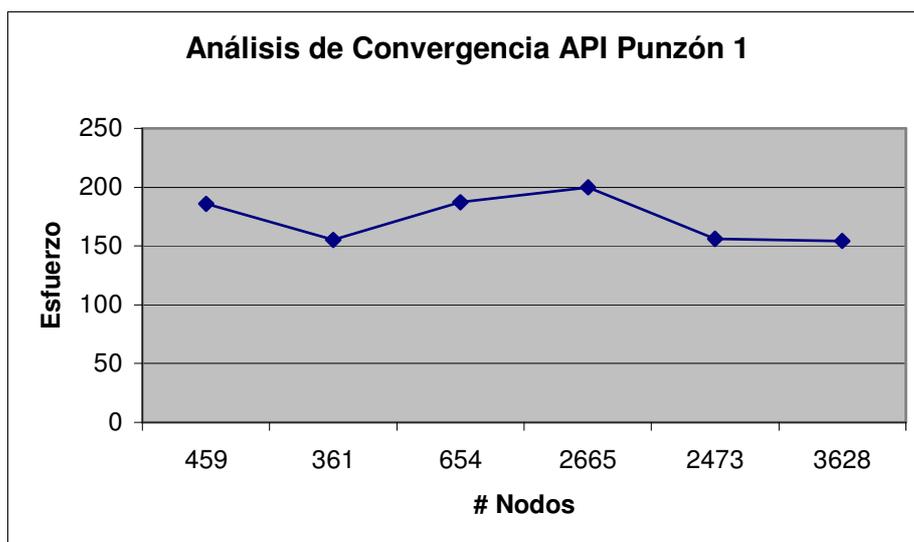
Esto da una presión de: $P = 190801157.4 \text{ Pa} = 190.801 \text{ MPa}$

“ Para el análisis del punzón tenemos una sola Posición, esta posición es por decir así, el área o posición crítica, es lógico hacer de inmediato el análisis de convergencia y resolver ”.

1. Análisis de convergencia para Punzón 1.

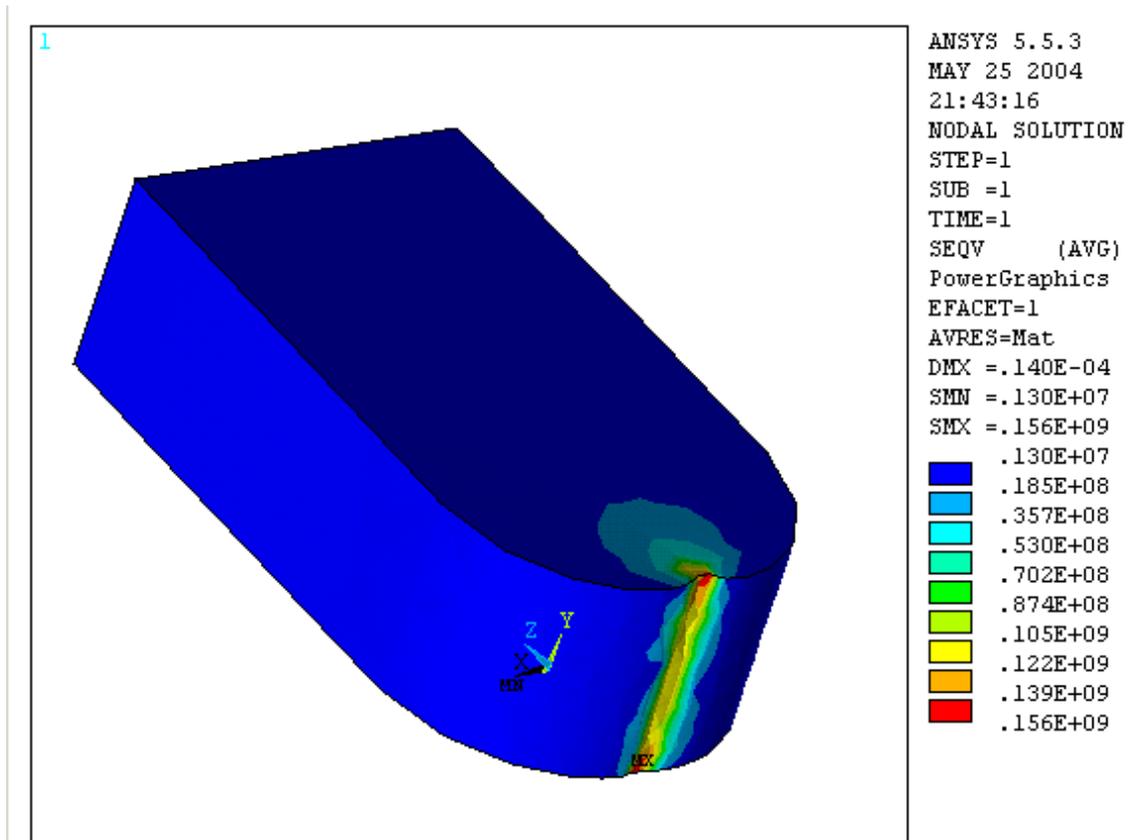
	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6	Malla 5
Nodos	459	361	654	2665	2473	3628
Esfuerzo (MPa)	186	155	187	200	156	154

Tabla 7. Valores para análisis de convergencia para el Punzón 1.



Gráfica 7. Gráfica para análisis de convergencia Punzón 1.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 6 y 5, tomamos como malla la de menor número de nodos 2473 (malla 6) y resolvemos:



2. Conclusión.

El esfuerzo máximo que se presenta en el Punzón 1 debido a la fuerza aplicada es como se indica en la figura de 156 MPa. Esfuerzo que no sobrepasa el esfuerzo del material del Punzón.1

5.2 ANÁLISIS DE LOS PUNZONES AWS.

5.2.1 Punzón 2.

El resultado de este Punzón 2, corresponde también para el Punzón 5. Por tanto este Punzón 5 no se analizará en el análisis de los punzones de la ASME.

$$F = 56388 \text{ N}$$

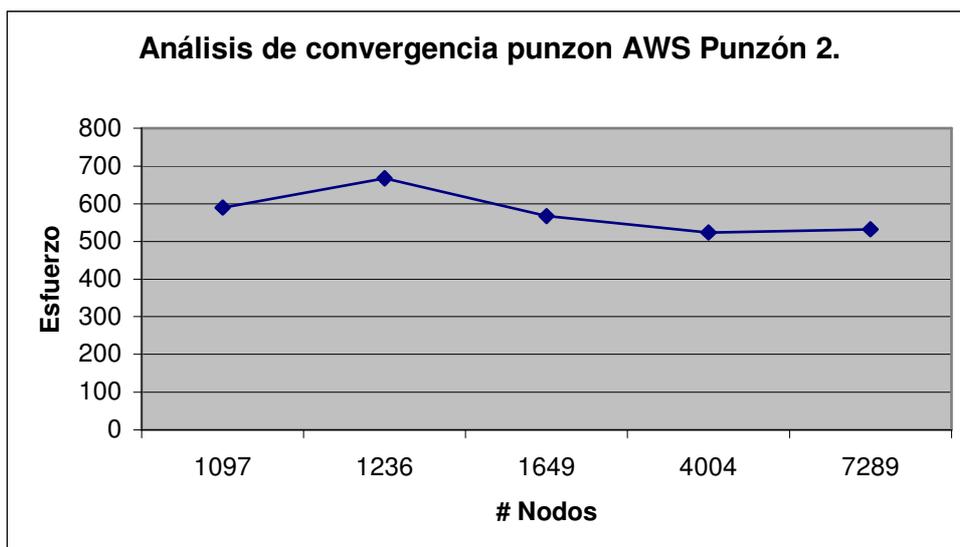
$$A = 88.42 \text{ mm}^2$$

Esto da una presión de: $P = 637729020.6 \text{ Pa} = 637.729 \text{ MPa}$

1. Análisis de convergencia para Punzón 2.

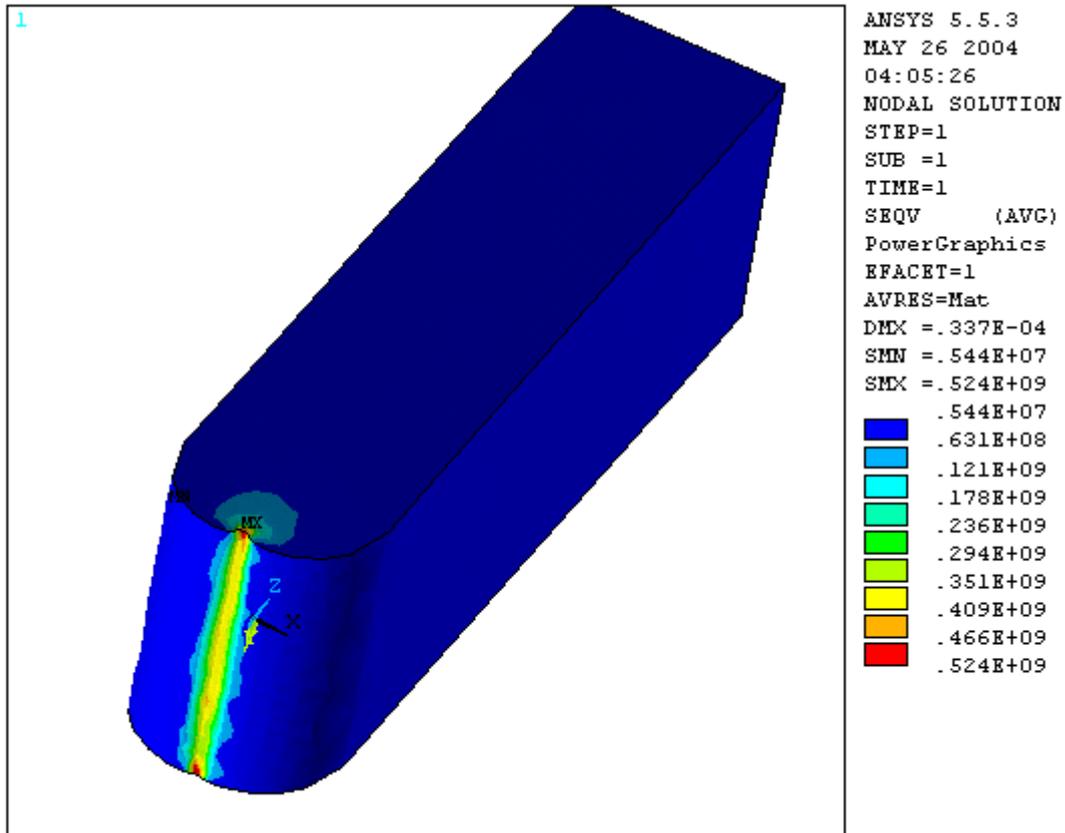
	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	1097	1236	1649	4004	7289
Esfuerzo (MPa)	590	668	567	524	532
Deformación	0,332	0,328	0,337	0,338	0,337

Tabla 8. Valores para análisis de convergencia para el Punzón 2.



Grafica 8. Grafica para análisis de convergencia Punzón 2.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 8 a 6, tomamos como malla la número de nodos 4004 (malla 7) y resolvemos:



2. Conclusión.

El esfuerzo que se presenta en el Punzón 2 = Punzón 5., debido a la fuerza aplicada, en la figura es de 524 MPa. Esfuerzo que no sobrepasa el esfuerzo del material del punzón 2 ni del material del Punzón 5.

5.2.2 Punzón 3.

$$F = 50236.58 \text{ N}$$

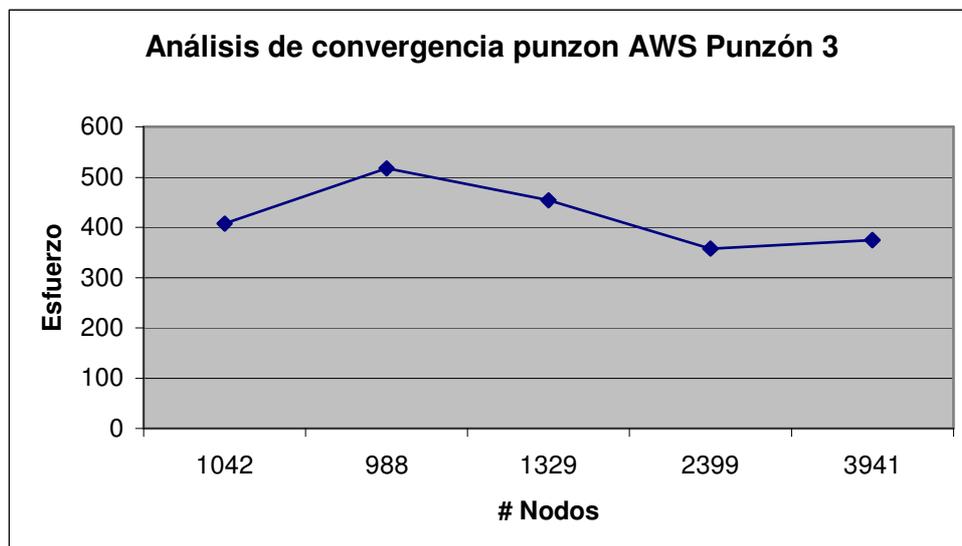
$$A = 112.57 \text{ mm}^2$$

Esto da una presión de: $P = 446269700 \text{ Pa} = 446.269 \text{ MPa}$

1. Análisis de convergencia para Punzón 3.

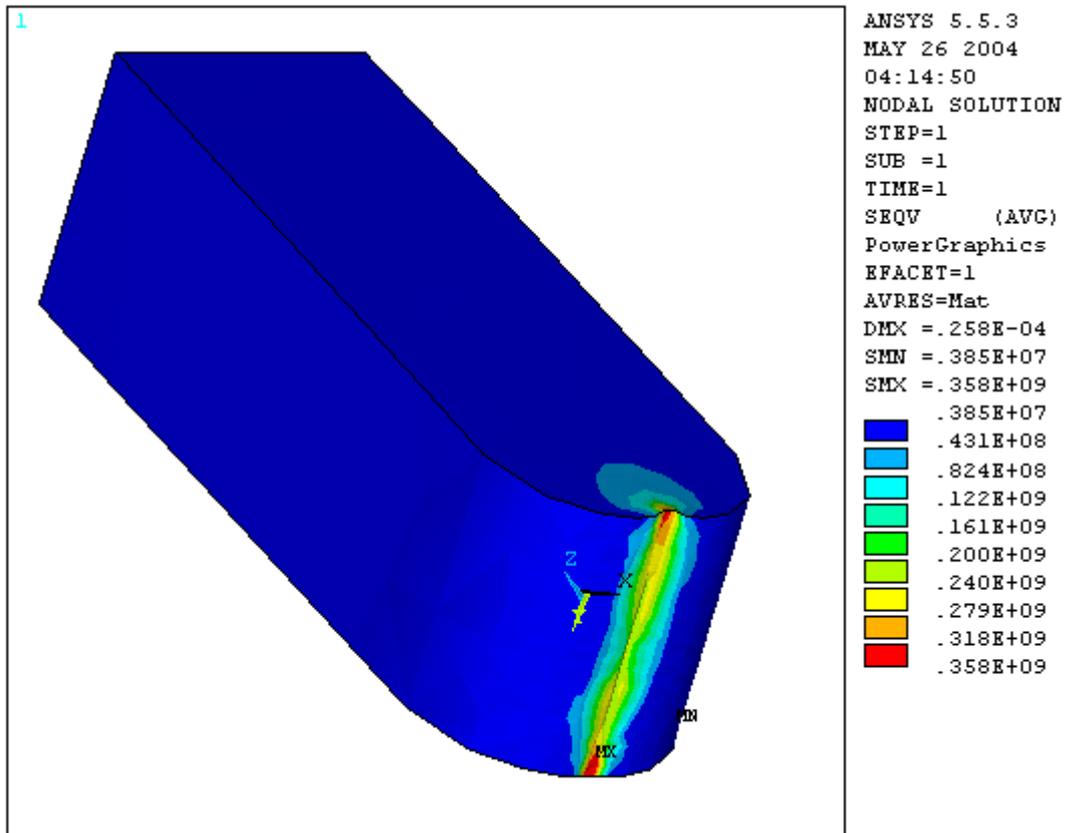
	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	1042	988	1329	2399	3941
Esfuerzo (MPa)	407	517	454	358	375
Deformación	0,256		0,255	0,258	0,26

Tabla 9. Valores para análisis de convergencia para el Punzón 3.



Grafica 9. Grafica para análisis de convergencia Punzón 3.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 7 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 2399 (malla 7) y resolvemos:



2. Conclusión.

El esfuerzo que se presenta en el Punzón 3, debido a la fuerza aplicada como indica la figura es de 359 MPa. Esfuerzo que no sobrepasa el esfuerzo del material del Punzón 3.

5.2.3 Punzón 4.

El resultado de este Punzón 4, corresponde también para el Punzón 6. Por tanto este Punzón 6, no se analizará en el análisis de los punzones de la ASME.

$$F = 44564.688$$

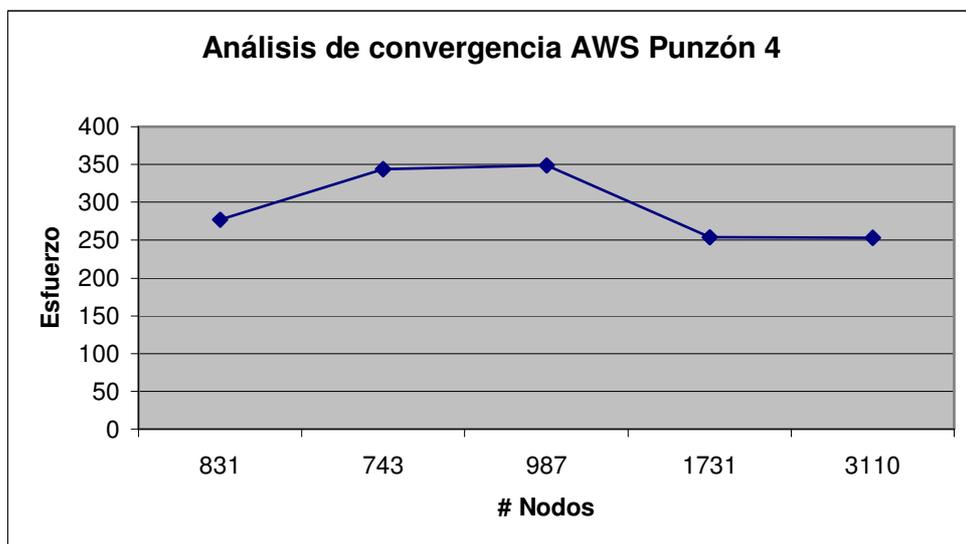
$$A = 140.71 \text{ mm}^2$$

Esto da una presión de: $P = 316713012.6 \text{ Pa} = 316.713 \text{ MPa}$

1. Análisis de convergencia para Punzón 4.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	831	743	987	1731	3110
Esfuerzo (MPa)	277	344	349	254	253
Deformación	0,195	0,192	0,195	0,199	0,201

Tabla 10. Valores para análisis de convergencia para el Punzón 4.

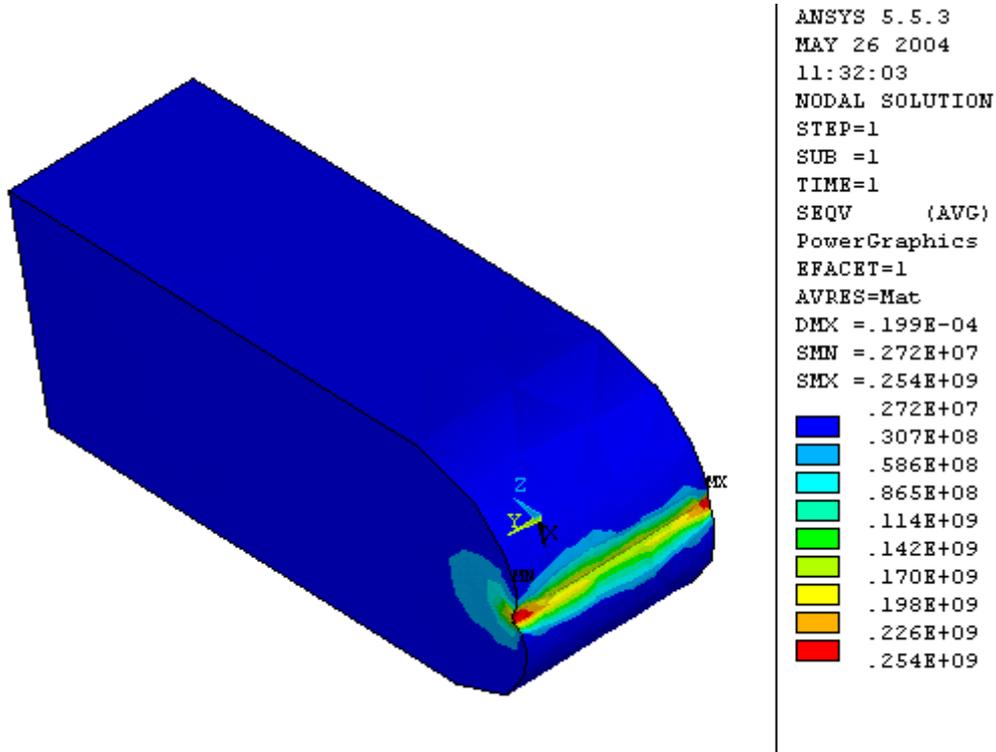


Grafica 10. Grafica para análisis de convergencia Punzón 4.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 7 a 6, tomamos como malla la de menor número de nodos 1731 (malla 7) y resolvemos

:

1



2. Conclusión.

El esfuerzo que se presenta en el Punzón 4 debido a la fuerza aplicada como se indica en la figura es de 254 MPa. Esfuerzo que no sobrepasa el esfuerzo del material del Punzón 4.

5.3 ANÁLISIS DE LOS PUNZONES ASME.

5.3.1 Punzón 5.

$$F = 56388 \text{ N}$$

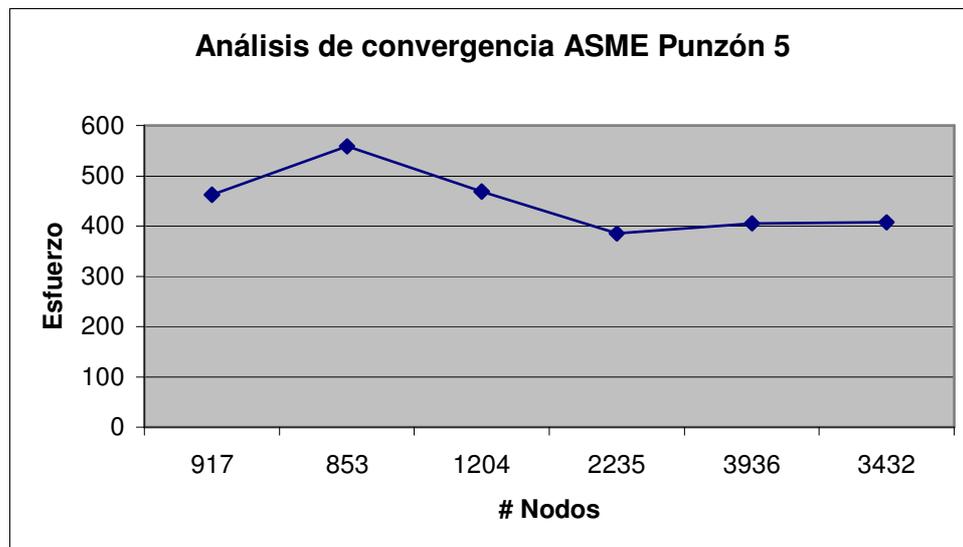
$$A = 116.07 \text{ mm}^2$$

Esto da una presión de: $P = 485810286.9 \text{ Pa} = 485.810 \text{ MPa}$

1. Análisis de convergencia para Punzón 5.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6	Malla 5
Nodos	917	853	1204	2235	3936	3432
Esfuerzo	462	559	469	385	405	407

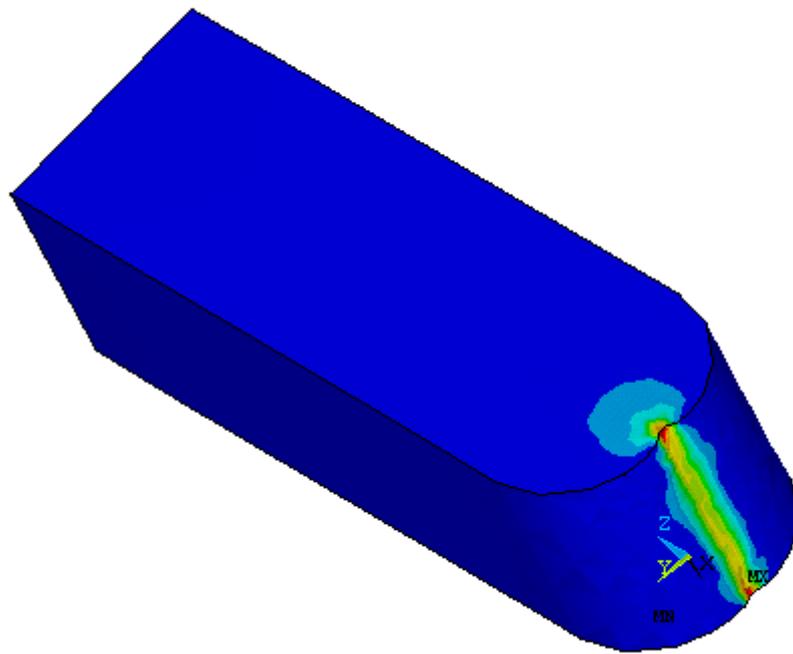
Tabla 11. Valores para análisis de convergencia para el Punzón 5.



Grafica 11. Grafica para análisis de convergencia Punzón 5.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 7 a 5, tomamos como malla la de número de nodos 3936 (malla 6) y resolvemos:

1



```
ANSYS 5.5.3
MAY 26 2004
12:58:24
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV      (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.286E-04
SMN =.349E+07
SMX =.405E+09
.349E+07
.482E+08
.928E+08
.137E+09
.182E+09
.227E+09
.271E+09
.316E+09
.361E+09
.405E+09
```

El esfuerzo que se presenta en el punzón debido a la fuerza aplicada como se indica en la figura es de 405 MPa. Esfuerzo que no sobrepasa el esfuerzo del material del punzón.

5.3.2 Punzón 7

$$F = 36440.6$$

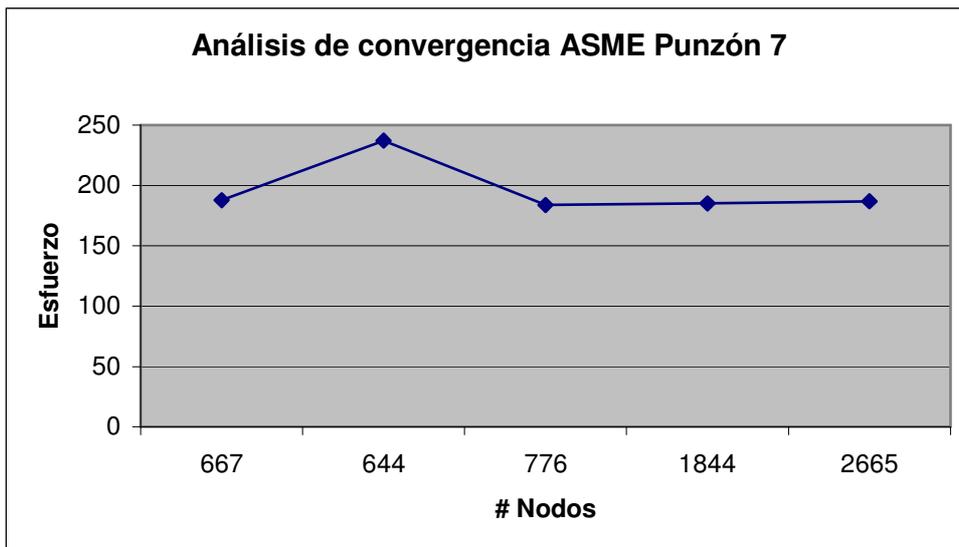
$$A = 168.85 \text{ mm}^2$$

Esto da una presión de: $P = 215816405.1 \text{ Pa} = 215.816 \text{ MPa}$

1. Análisis de convergencia para Punzón 7.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6
Nodos	667	644	776	1844	2665
Esfuerzo	188	237	184	185	187

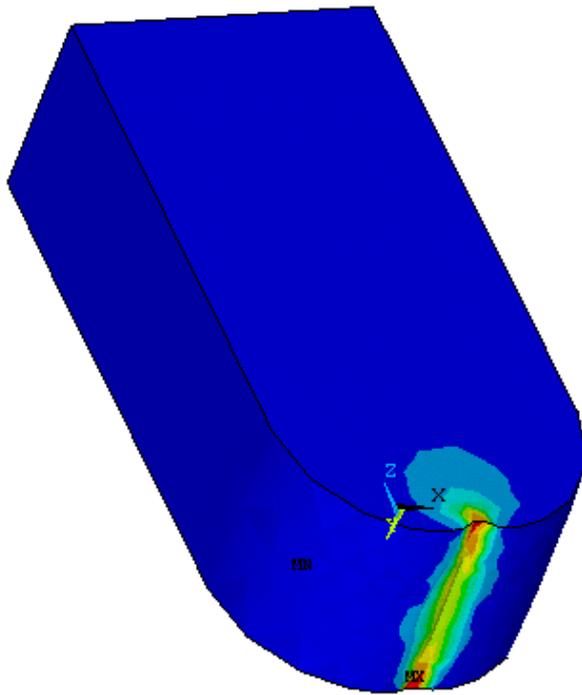
Tabla 12. Valores para análisis de convergencia para el Punzón 7.



Grafica 12. Grafica para análisis de convergencia Punzón 7.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 8 a 6, tomamos como malla la de número de nodos 1844 (malla 7) y resolvemos:

1



```
ANSYS 5.5.3
MAY 26 2004
12:00:37
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV      (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX  =.149E-04
SMN  =.168E+07
SMX  =.181E+09
      .168E+07
      .216E+08
      .416E+08
      .615E+08
      .815E+08
      .101E+09
      .121E+09
      .141E+09
      .161E+09
      .181E+09
```

2. Conclusión.

El esfuerzo que se presenta en el Punzón 7, debido a la fuerza aplicada como se indica en la figura es de 181 MPa. Esfuerzo que no sobrepasa el esfuerzo del material del punzón 7.

5.3.3 PUNZÓN 8

$$F = 31992.168 \text{ N}$$

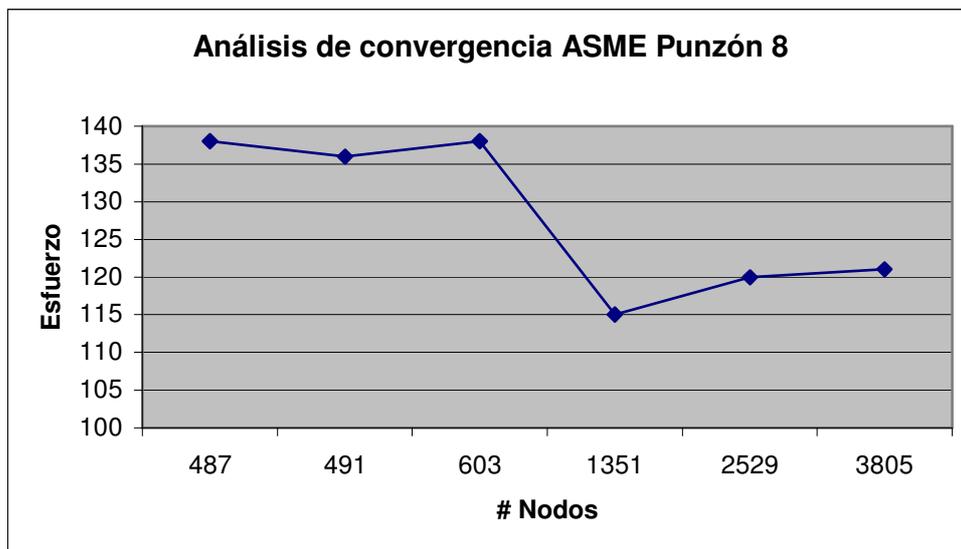
$$A = 211.06 \text{ mm}^2$$

Esto da una presión de: $P = 144721650.2 \text{ Pa} = 144.721 \text{ MPa}$

1. Análisis de convergencia para Punzón 8.

	Malla 10	Malla 9	Malla 8	Malla 7	Malla 6	Malla 5
Nodos	487	491	603	1351	2529	3805
Esfuerzo	138	136	138	115	120	121

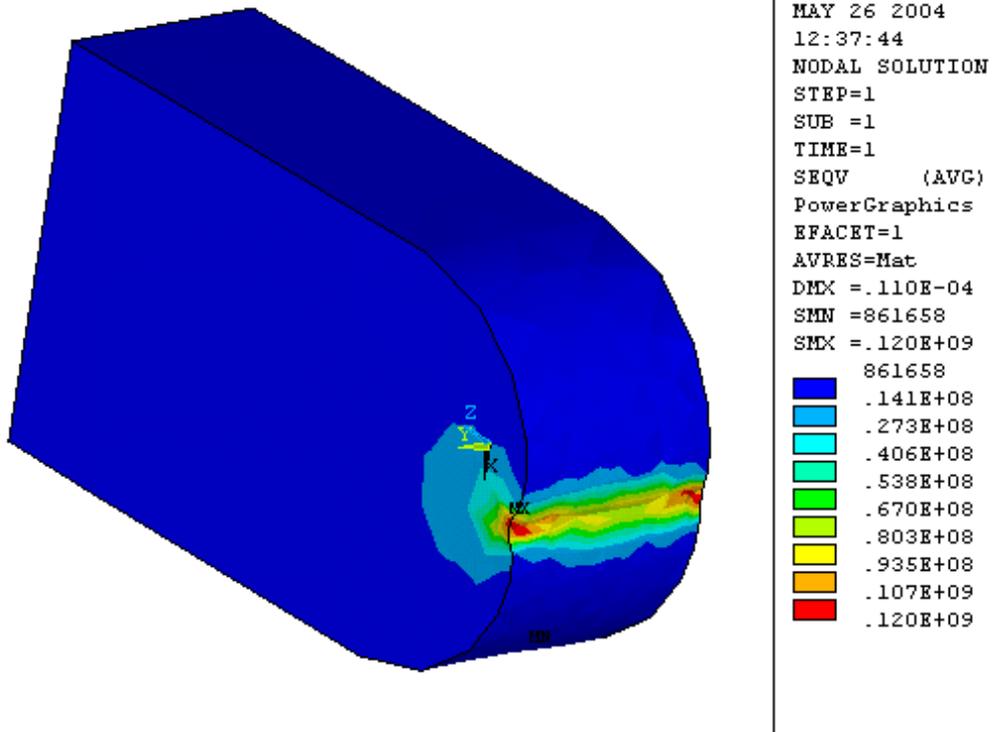
Tabla 13. Valores para análisis de convergencia para el Punzón 8.



Grafica 13. Grafica para análisis de convergencia Punzón 8.

El análisis de convergencia indica que los resultados tienden a normalizarse para los enmallados 6 a 5, tomamos como malla la de número de nodos 2529 (malla 6) y resolvemos:

1



2. Conclusión.

El esfuerzo que se presenta en el punzón debido a la fuerza aplicada como se indica en la figura es de 120 MPa. Esfuerzo que no sobrepasa el esfuerzo del material del punzón.

CONCLUSIONES

La investigación es muy completa ya que luego de la escogencia del mejor material con base a los requisitos de diseño se hace una comprobación muy detallada para garantizar el buen comportamiento del material bajo las cargas estáticas a las que estarán sometidas nuestras piezas.

En la actualidad es muy poca la importancia que se le da a la calificación de la soldadura, siendo esta sin embargo muy utilizada en el campo industrial, por este motivo se hace necesario prestarle mas atención a este gran tema como es el de la soldadura.

Este estudio le será de mucha ayuda al campo empresarial sobre todo para aquellas industrias que hacen uso de la soldadura como instrumento de producción, ya que fue un diseño que se llevo a cabo con base a normas internacionales, lo que le da a nuestro diseño un carácter estandarizado.

La investigación desarrollada consta de un algoritmo lógico en el cual se buscaron de una manera paulatina los esfuerzos críticos.

La investigación es muy completa ya que luego de la escogencia del mejor material con base a los requisitos de diseño se hace una comprobación muy detallada para garantizar el buen comportamiento del material bajo las cargas estáticas a las que están sometidas nuestra piezas

La suposición de las consecuentes áreas de contacto en la superficie esférica de la matriz no fue fácil, pero luego de de un sin numero de suposiciones se logro escoger a esta ultima como la mas aproximada.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la grafica de esfuerzo deformación de los aceros, podemos darnos cuenta que el máximo esfuerzo ocurre luego de una deformación plástica, lo que quiere decir que la verdadera área de contacto para el punzón es conveniente ubicarla experimentalmente luego de la fabricación de las piezas siendo así, estaremos acercándonos mas a la realidad.

La simulación de las áreas de contacto que se hicieron en las matrices es aconsejar la utilización de un mayor número de áreas con el objeto de acercarnos a lo que en verdad es el área de contacto entre las dos piezas probeta y matriz.

En el cálculo de la fuerza crítica para las matrices se utilizó lo siguiente:

- Analizar los esfuerzos en cada posición con un enmallado aceptable.
- Luego de la ubicación del esfuerzo crítico en cada matriz, se procede al análisis de convergencia en dicho punto para la escogencia del enmallado óptimo.

Se debe implementar otro procedimiento contrario al anterior, para concluir, es decir:

- Aplicar el análisis de convergencia en cualquier punto o al azar para buscar el enmallado de mejores resultados o enmallado optimo.
- Luego de que se tiene el enmallado óptimo se procede a la ubicación del punto crítico los cuales son resultados más cercanos o con menor porcentaje de errores.

Además, implementar otro programa de simulación donde se comparen otras variables para los posibles resultados y conclusiones.

BIBLIOGRAFIA

SEMINARIO – TALLER

Calificación de procedimientos de soldadura y soldadores

Asociación Colombiana de Soldadura.

MOORE, Harry, KIBBEY, Donald. Materiales y procesos de fabricación.

Balderas 95, México, D.F. Editorial Limusa SA, Grupo Noriega Editores.

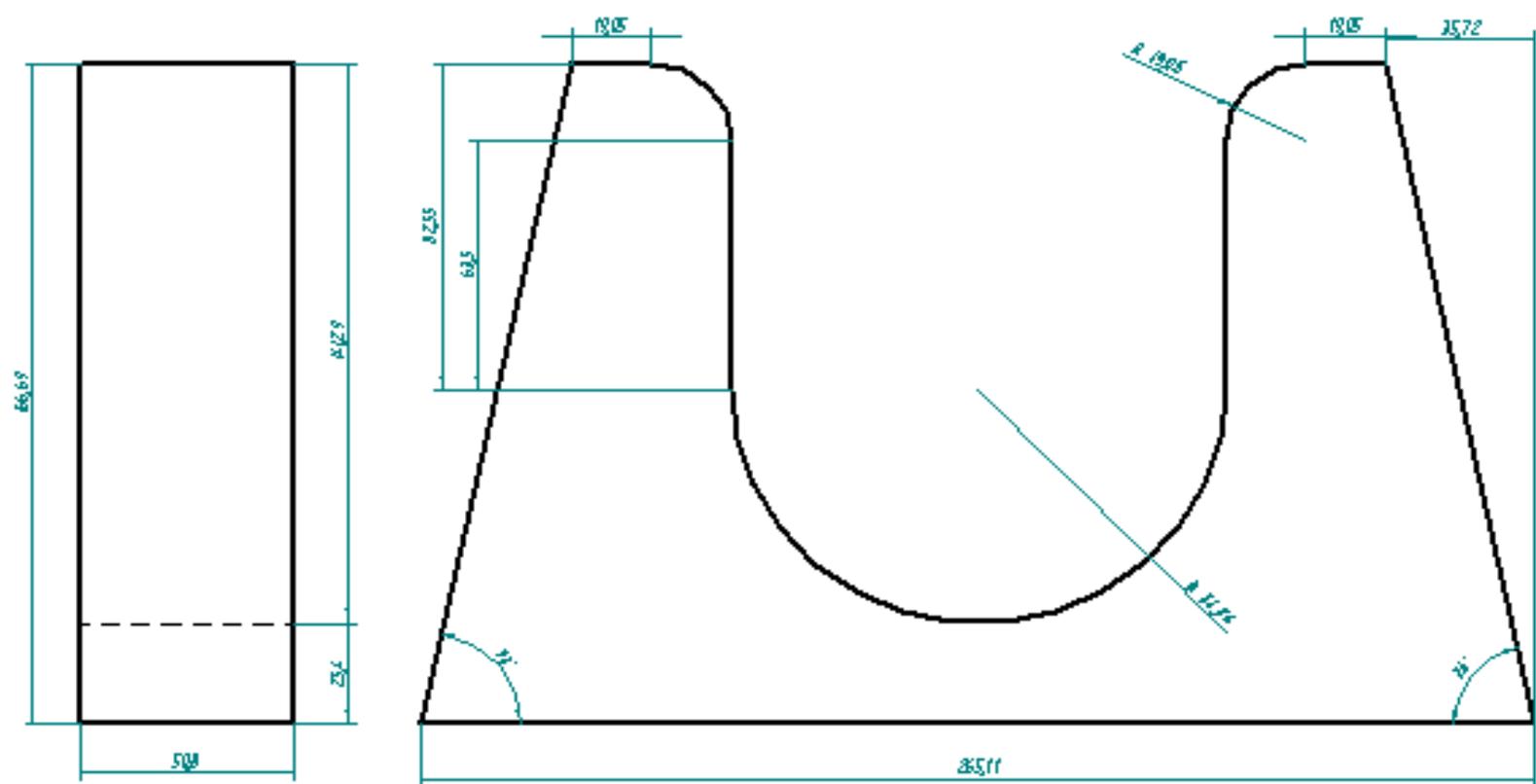
PERE MOLERA SOLA. Soldadura industrial: clases y aplicaciones.

Barcelona, España. Editorial Marcombo S.A. Pág. 9-50

ROBERT L. MOTT. Resistencia de materiales aplicada. México. Editorial

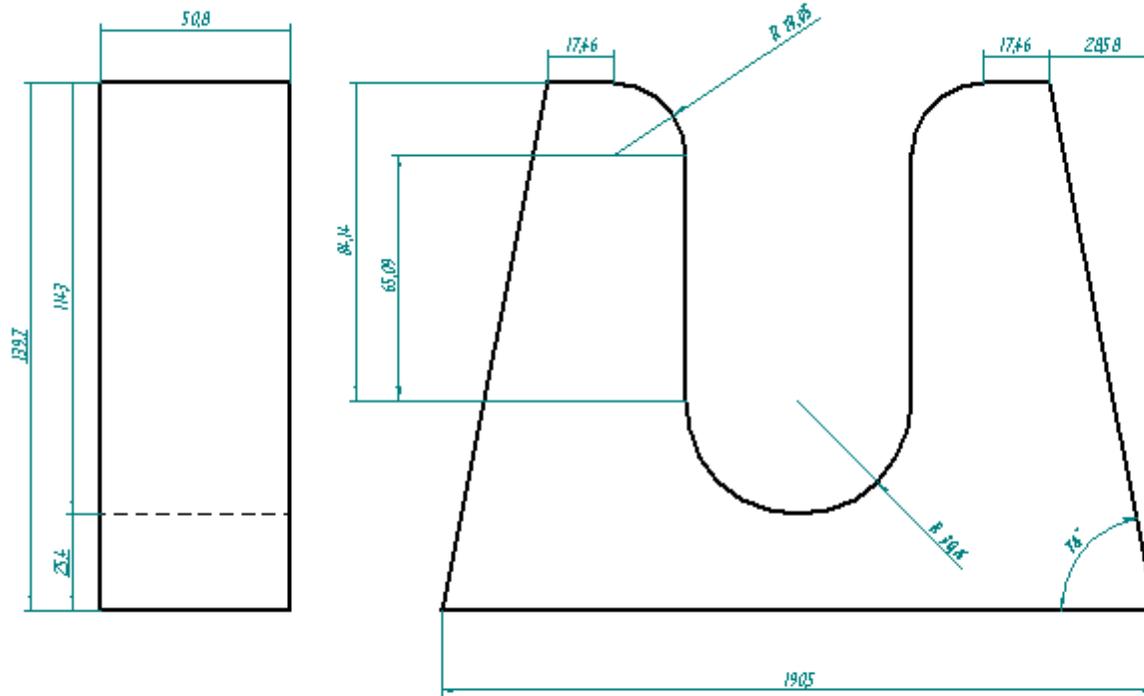
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

ANEXOS

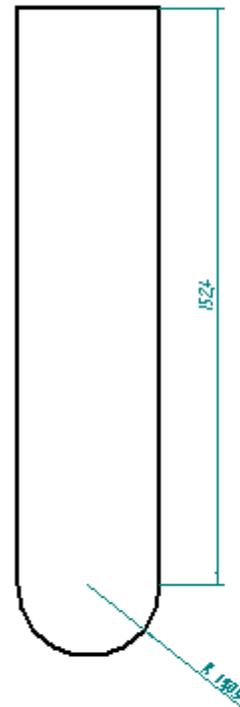
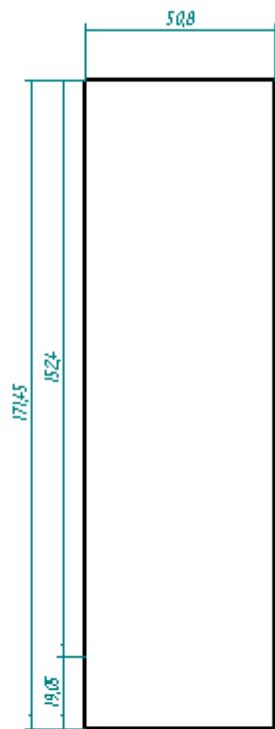


1:1

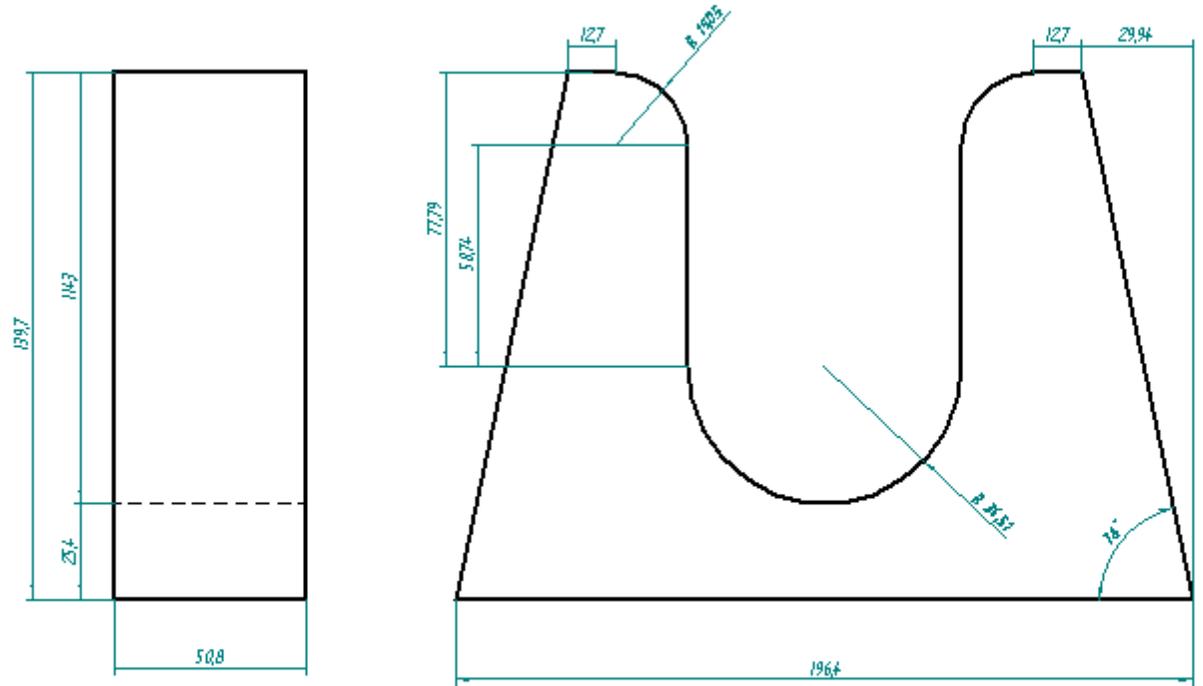
		El do Mayo				
Métrica AB		028				



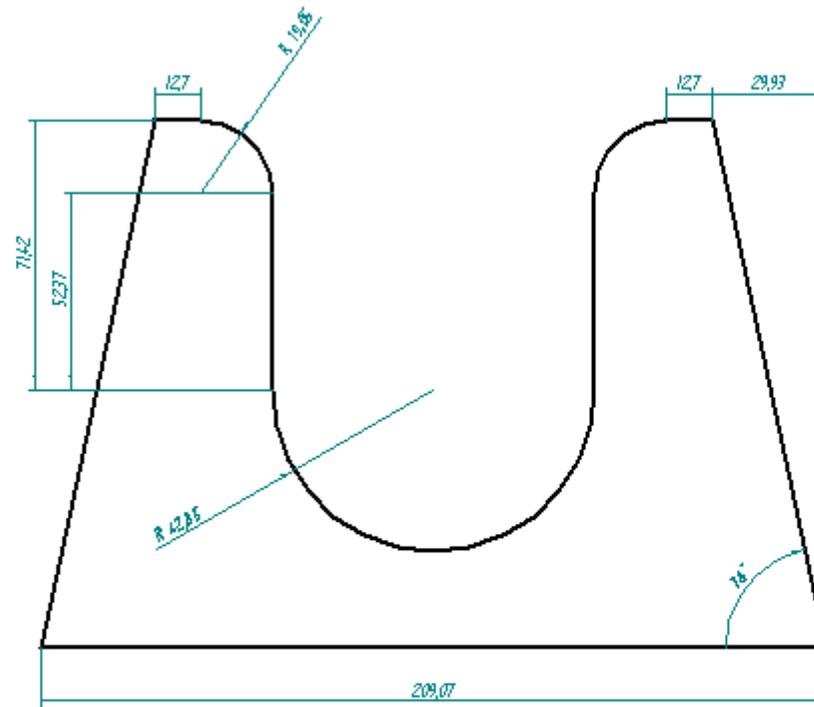
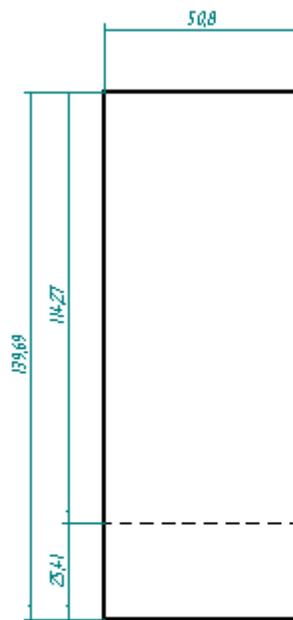
Matriz: AWS						UTB			
Problema: parte sin de Roerica 50000									



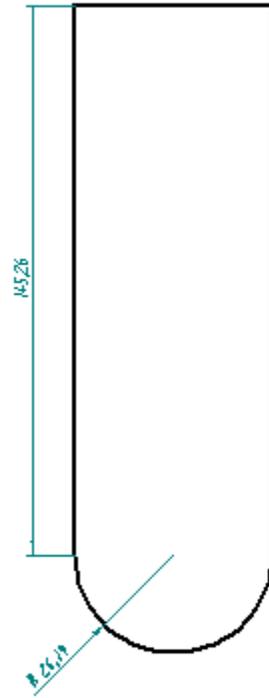
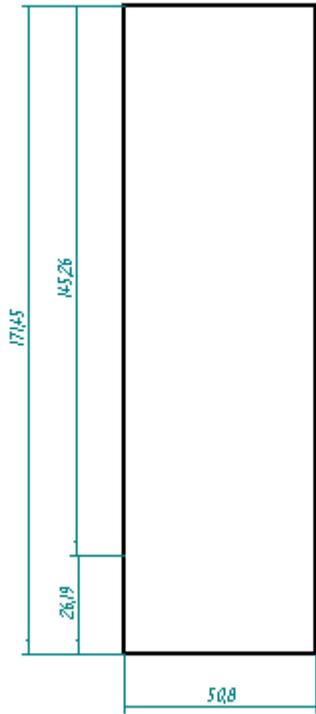
Panzor AluS		UTB					
Projeto: Baucicir - 50000							



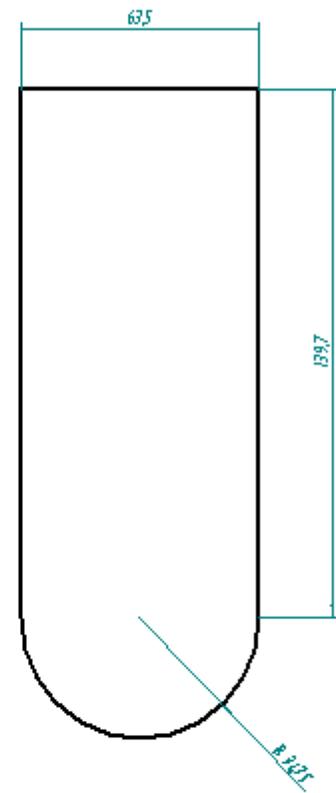
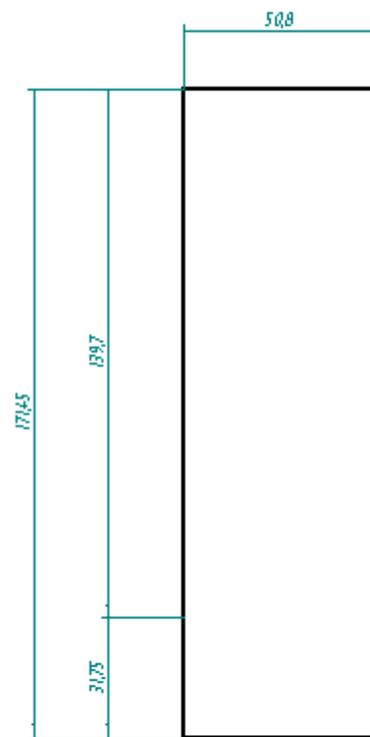
Matriz AWS						UTB		
Problema: Mecánica -507-90								



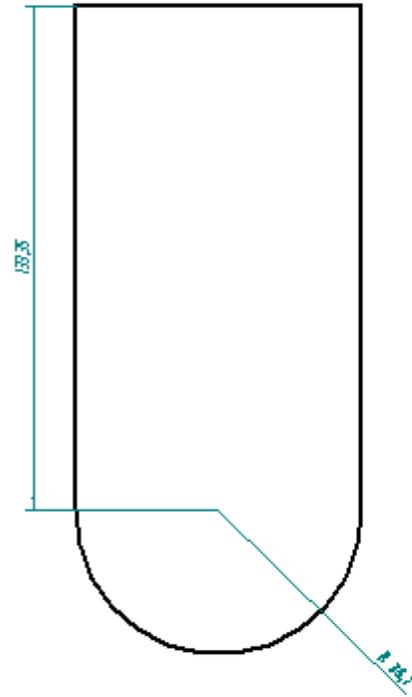
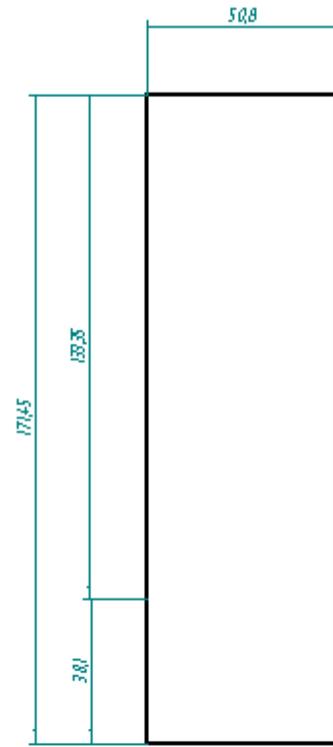
Módulo AW5		UTB							
Problema: Generador - 90000									



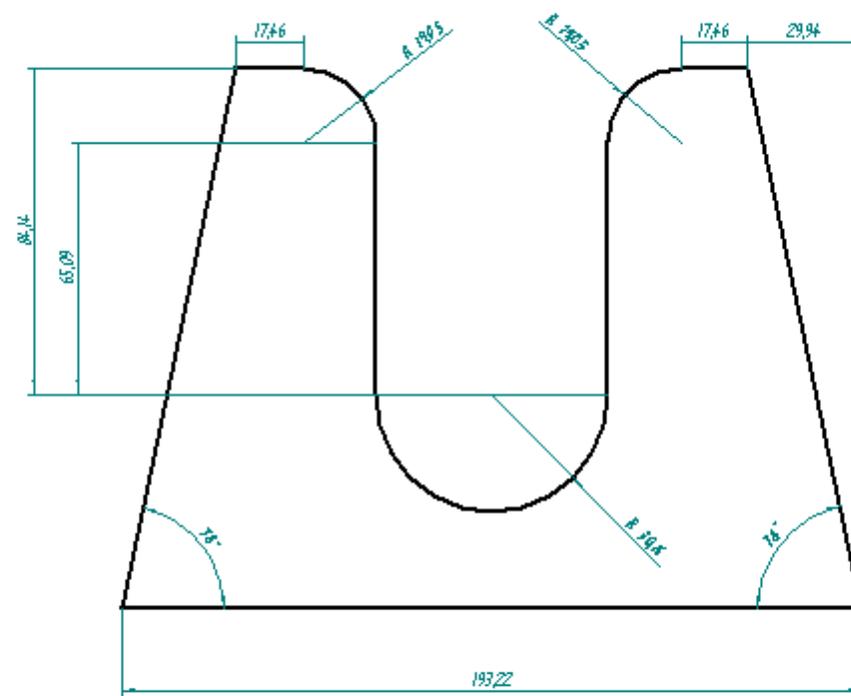
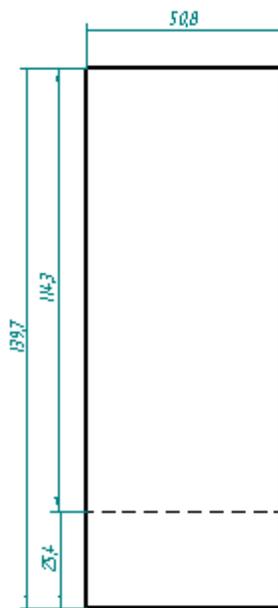
Forzar ASME Proba No. 23 - 2r				UTB			



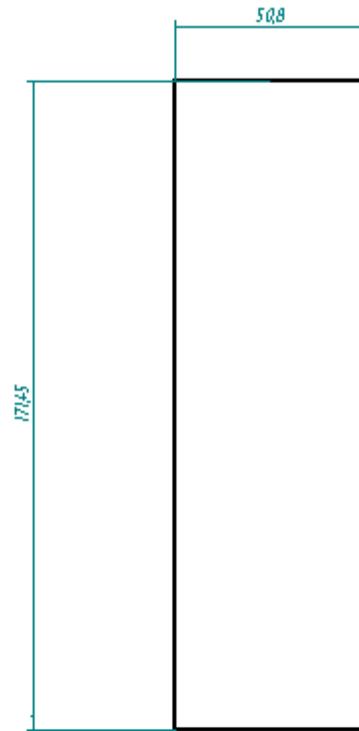
Panzer ASME							UTB		
Proble: PNo 11-25-21									



Parzon ASME		UTB					
Projekt: PMo 51							



Matriz ASME, Tipo polea: todos los demas						UTB	



Parton ASME Tipo de la: Todos los de mas						UTE	