



Instituto Politécnico Nacional

**Centro de Estudios Científicos y
Tecnológicos 7 “Cuauhtémoc”**



**Unidad de aprendizaje: Ensayos Destructivos en la
Soldadura**

Ensayo de Flexión y Dobleza en Acero y Aluminio

Profesor Titular: Bernache González César

Profesor Auxiliar: Neri Vega Jesús Gerardo

Alumnos:

Alvarado Guzmán Erick

Esquivel Maldonado Oswaldo Josafat

González Cabrera Carlos Uriel

Tellez Salgado Eliud

Varela Ramírez Ángel Aarón

Equipo 01

Grupo 4IVA

Ciclo Escolar 2024-1

Fecha de entrega: 14/05/24

Índice.

1	Introducción.....	3
2	Objetivo de la práctica.....	5
2.1	Cálculos previos.....	5
2.1.1	Probeta de flexión de acero.....	5
2.1.2	Probeta de flexión de aluminio.....	6
2.1.3	Probeta de doblez de acero.....	6
2.1.4	Probeta de doblez de aluminio.....	7
3	Introducción Teórica.....	8
4	Descripción de materiales y equipo.....	12
4.2	Equipo	12
4.1	Herramientas y accesorios.....	14
4.3	Materiales.....	15
4.3.1	Probetas de acero.....	15
4.3.2	Probetas de aluminio.....	16
5	Desarrollo de la práctica.....	17
5.1	Ensayo de flexión en acero.....	17
5.2	Ensayo de flexión aluminio.....	21
5.3	Ensayo de doblez en acero.....	25
5.4	Ensayo de doblez en aluminio.....	30
6	Observaciones generales.....	33
7	Conclusiones generales.....	35
8	Bibliografía y Cibergrafía.....	36

Introducción

El objetivo de este reporte y de los ensayos que se realizaron de doblez y Flexión, tiene como finalidad comprobar la resistencia de los materiales al ser sometidos a una carga y a si mismo poner a prueba una de sus propiedades que viene siendo la ductilidad, de manera longitudinal donde se esperaba que tuvieran un efecto de doblez, en pocas palabras que las soleras utilizadas se doblaran para que se obtuviera un Angulo después de realizar el ensayo, del mismo modo se esperaba que el material no sufriera algún tipo de agrietamiento en la superficie del material base.

En el caso de Flexión lo que se buscaba era la resistencia de la soldadura a la hora de recibir la carga, en este caso si la soldadura era de calidad, se esperaba que el material base sufriera una deformación como en el caso del de doblez, pero sin que la soldadura sufriera algún tipo de grietas o daños debidos al ensayo de acuerdo con los cálculos previos para los mismos antes de los ensayos.

En pocas palabras el ensayo de Doblez y Flexión son muy similares en cuanto a resultados y consecuencias que se esperan obtener en ambos, con la diferencia en el que el ensayo de Doblez, lo antes ya mencionado en cuanto a lo que se esperaba obtener que viene siendo la resistencia y ductilidad, sucedería más en el material base, y en el caso del ensayo de Flexión sería lo mismo, pero ahora con una soldadura unida a los materiales base para comprobar los mismos resultados, pero en la soldadura.

Para estos dos ensayos de doblez y flexión se utilizó los materiales de acero y aluminio donde primero se realizó el ensayo de Flexión en cada material utilizado, para posteriormente volverlos a soldar y utilizarlos para el ensayo de doblez respectivamente en cada uno de ellos, con el fin de determinar y comparar los resultados con los cálculos previos y con lo que se esperaba que sucediera si se seguía correctamente las indicaciones previamente ya explicadas junto con el conocimiento teórico previamente ya revisado y aplicado respectivamente.

Teóricamente eso es lo que se esperaba que pasara siguiendo todos los parámetros de manera correcta y al pie de la letra, pero este no fue el caso, ya que siempre cabe la posibilidad de que ocurra errores en los parámetros ya establecidos, y este

caso de ambos ensayos no fue la excepción, estos mismos se detallaran en las conclusiones y desarrollos de los ensayos.

En todo caso estos mismos nos ayudaran a fortalecer el conocimiento previo tanto de los resultados obtenidos en cada material que viene siendo aluminio y acero, donde podremos corroborar lo que se obtuvo y compararlo con lo que se esperaba obtener, esto nos ayudara a mejorar el plan de ejecución que tendremos en un futuro a la hora de volver a realizar previamente estos ensayos y para seguir mejorando en los ensayos que se vienen próximamente como los de impacto.

En todo caso todos los detalles antes ya mencionados se van a profundizar a detalle en cada sección y apartado de cada uno de ellas vistos en este reporte, los resultados finales junto con las conclusiones de cada ensayo realizado se verá al final del reporte donde se hará un breve análisis de los resultados obtenidos de cada material utilizado en el ensayo junto con una comparativa de lo que debió haber pasado y en caso de no haber sucedido, junto con una breve explicación del porqué no fue así.

Objetivo de la práctica

En la práctica hicimos un total de cuatro ensayos los cuales eran dos de flexión y dos de doblez con los materiales que hemos ido utilizando durante las tres prácticas (Aluminio y Acero).

La práctica tiene como objetivo poder ver las propiedades de los dos metales, siendo más específicos, las propiedades mecánicas centrándonos en la maleabilidad y ductilidad de los ya mencionados.

Los ensayos vendrían siendo lo equivalente a observar cuanta carga puesta en kilogramos son capaces de aguantar las soleras en estado normal y luego de ser soldadas después de que ya habían sido dobladas en dos ensayos previos.

Aparte de lo ya mencionado, la máquina ibertest nos irá brindando dicha carga por cada milímetro de deformación sufrida en los materiales, lo que servirá de ayuda para cálculos posteriores.

Una vez se tienen los datos de la deformación y carga ya se puede llegar a ver las propiedades de las probetas, porque aparte de la maleabilidad y ductilidad se pueden ver la elasticidad, el esfuerzo de cedencia, tenacidad y resiliencia.

CÁLCULOS PREVIOS.

SOLERA DE ACERO (Flexión).

Carga máxima a considerar para la probeta de Acero considerando datos para acero A36

DATOS.

Esfuerzo permisible para acero A36 de bajo carbono: 1770MPa

Esfuerzo cortante para acero A36 de bajo carbono: 531MPa

Área transversal de la probeta: (50mm) (6mm)= 300mm²

CÁLCULOS PARA LA CARGA.

$$\sigma_c = 531 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 54.18 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}$$

$$P = (\sigma_c)(A) = (54.18 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2})(300 \text{ mm}^2) = 16254 \text{ KgF}$$

RESULTADOS.

	KgF	N	Lb
Carga Máxima Acero.	16254	159289.20	35833.93

SOLERA DE ALUMINIO (Flexión).

Carga máxima a considerar para la probeta de Aluminio 6061

DATOS.

Esfuerzo Permisible para aluminio 6061: 450MPa

Esfuerzo cortante para aluminio 6061: 135MPa

Área transversal de la probeta: 200mm^2

CÁLCULOS PARA LA CARGA.

$$\sigma_c = 135 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 13.77 \frac{\text{KgF}}{\text{mm}^2}$$

$$P = (\sigma_p)(A) = (13.77 \frac{\text{KgF}}{\text{mm}^2})(200\text{mm}^2) = 2754\text{KgF}$$

RESULTADOS.

	KgF	N	Lb
Carga Máxima Aluminio.	2754	26989.20	6071.53

SOLERA DE ACERO (DOBLEZ).

Carga máxima a considerar para la probeta de Acero A36

DATOS.

Electrodo utilizado: 8018 (80000 libras/plg²)

Esfuerzo Cortante: 24000 Lb/plg²

Área transversal de la probeta= (49mm)(5mm)= 245mm^2

Cálculos para la carga.

$$\sigma_c = 24000 \text{ Lb/plg}^2 = 81.84 \text{ kgF/mm}^2$$

$$P = \sigma_c * A = (81.84 \text{ kgF/mm}^2) (245 \text{ mm}^2) = 20050.80 \text{ kgF}$$

RESULTADOS.

	KgF	N	Lb
Carga Máxima Acero.	20050.80	196497.84	44111.76

SOLERA DE ALUMINIO (Doble).

Carga máxima a considerar para la probeta de Aluminio 6061

DATOS.

Electrodo utilizado: 4016 ($40000 \frac{lb}{plg^2}$)

Esfuerzo cortante= $12000 \frac{lb}{plg^2}$

Área transversal de la probeta= $(49mm)(3mm)= 147mm^2$

CÁLCULOS PARA LA CARGA.

$$\sigma_c = 12000 \frac{lb}{plg^2} = 40.92 \frac{Kgf}{mm^2}$$

$$P = (\sigma_p)(A) = (40.92 \frac{Kgf}{mm^2})(147 mm^2) = 6015.24 KgF$$

RESULTADOS.

	KgF	N	Lb
Carga Máxima Aluminio.	6015.24	58949.35	13233.52

Introducción teórica

¿Qué es un ensayo de flexión y para qué sirve?

Un ensayo de flexión es un método que se utiliza cuando queremos comprobar la resistencia a la flexión de los materiales, así como otras propiedades importantes en la innovación de materiales. Estas propiedades muestran el comportamiento de un material bajo presión. Los materiales que fallan bajo presión pueden causar consecuencias indeseables en el futuro.

Durante las pruebas de flexión, se produce deformación en el punto medio del material de prueba, y la fuerza de flexión provoca una superficie cóncava o una flexión por fractura. Las pruebas de flexión se realizan típicamente para determinar la ductilidad o resistencia de dicho material a la fractura. Durante estas pruebas, el material tiene una forma determinada. Se aplica fuerza a la muestra de prueba en su punto medio para formar una superficie cóncava con un radio de curvatura determinado de acuerdo con el estándar subyacente.

¿Qué es un ensayo de doblez y para qué sirve?

Un ensayo de doblez en soldadura es una prueba utilizada para evaluar la calidad y la resistencia de una unión soldada. En este ensayo, se aplica una fuerza gradualmente a la soldadura hasta que se produce la fractura. Esto permite determinar la resistencia de la soldadura y su capacidad para soportar cargas en condiciones de servicio.

Durante el ensayo, se miden diferentes parámetros como la carga máxima soportada antes de la fractura, la deformación experimentada por la soldadura, la forma de la fractura (dúctil o frágil), entre otros. Estos datos son cruciales para evaluar si la soldadura cumple con los estándares de calidad y seguridad requeridos para su aplicación específica, como en estructuras, maquinaria, o elementos de construcción.

La diferencia de este ensayo y los otros al tomar las cargas y deformaciones, en este caso cada milímetro de deformación va a ser una carga y esta se determinará mediante la escala con la cual se va a trabajar una vez hechos los cálculos previos

Los ensayos de doblez se pueden clasificar de dos maneras y esto va a depender de cómo es que se vaya a realizar la práctica, y estos son:

Ensayo de doblez guiado:

El ensayo de doblez guiado en soldadura, es una técnica utilizada para evaluar la ductilidad y la calidad de las soldaduras, especialmente en materiales y uniones que serán sometidos a esfuerzos de flexión durante su vida útil.

En este ensayo, se aplica una fuerza gradual y controlada sobre la soldadura. La pieza de soldadura se coloca en una posición específica y se somete a una carga de flexión mediante la acción.

Ensayo de doblez semiguiado:

Un ensayo de doblez semiguiado es una prueba mecánica utilizada para evaluar la ductilidad y la resistencia de materiales, especialmente metales y aleaciones. En este ensayo, una muestra de material se coloca entre dos mandíbulas y se somete a un proceso de doblez hasta que se produce la falla o fractura. La diferencia principal con un ensayo de doblez estándar es que, en el semiguiado, las mandíbulas no están completamente separadas, lo que limita la cantidad de flexión que puede experimentar la muestra y controla el punto de inicio de la deformación. Esto proporciona una forma más controlada de evaluar la ductilidad y permite una mejor comparación entre diferentes materiales.

Temperaturas en ensayos:

La temperatura para el ensayo de doblez en soldadura puede variar según las condiciones de servicio a las que estará expuesto el material soldado. A continuación, se presentan las consideraciones más comunes:

-Temperatura Ambiente:

Condiciones Estándar: La mayoría de los ensayos de doblez se realizan a temperatura ambiente, que típicamente está en el

rango de 20-25 °C. Esto es adecuado para evaluar cómo se comportará la soldadura en condiciones normales de uso.

Ventajas: Proporciona una evaluación general de la ductilidad y la resistencia de la soldadura en condiciones comunes.

-Bajas Temperaturas:

Aplicaciones en Ambientes Fríos: Si el material soldado se utilizará en climas fríos o en aplicaciones donde estará expuesto a bajas temperaturas, es crucial realizar el ensayo de doblez a temperaturas reducidas (por ejemplo, a -20 °C o más bajas según las especificaciones del proyecto).

Ventajas: Ayuda a identificar problemas de fragilidad que pueden ocurrir a bajas temperaturas, asegurando que la soldadura pueda resistir condiciones de frío extremo sin fallar.

-Altas Temperaturas:

Aplicaciones de Alta Temperatura: Para soldaduras que estarán expuestas a altas temperaturas durante su uso (como en la industria petroquímica o en plantas de energía), el ensayo de doblez debe realizarse a temperaturas elevadas que simulen esas condiciones (por ejemplo, 100 °C o más altas según la especificación del material y la aplicación).

Ventajas: Permite evaluar la resistencia de la soldadura a la deformación y la posible pérdida de propiedades mecánicas a altas temperaturas.

Estándares y Especificaciones:

Las normas y especificaciones de organizaciones como la American Welding Society (AWS), la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM), y otras, proporcionan directrices claras sobre la temperatura de prueba adecuada para diferentes materiales y aplicaciones. Es fundamental seguir estas directrices para asegurar la validez y la reproducibilidad de los resultados del ensayo.

Dirección en los ensayos de flexión y doblez:

En los ensayos de flexión y doblez en soldadura, la dirección del ensayo es un factor importante que puede influir en los resultados y en la evaluación de la integridad de la soldadura. Aquí se detallan las direcciones comunes para estos ensayos:

Ensayo de flexión

-Flexión Transversal:

Descripción: La soldadura se dobla en un ángulo recto respecto a la dirección de la soldadura.

Propósito: Evaluar la calidad de la soldadura en términos de resistencia y ductilidad, asegurando que no haya defectos significativos como porosidad, inclusiones o falta de fusión.

Aplicación: Comúnmente utilizada para probar soldaduras a tope en placas y tuberías.

-Flexión Longitudinal:

Descripción: La soldadura se dobla a lo largo de la dirección de la soldadura.

Propósito: Evaluar la uniformidad de la soldadura y la calidad del metal de soldadura.

Aplicación: Menos común que la flexión transversal, pero útil para evaluar soldaduras a lo largo de su longitud.

Ensayo de Dobleza

-Doble Doble Transversal:

Descripción: La cara de la soldadura se coloca en tensión al doblarse.

Propósito: Evaluar la superficie de la soldadura y la integridad del metal de soldadura en la cara de la unión.

-Doble Doble Longitudinal:

Descripción: Similar al doblez de la cara transversal, pero realizado a lo largo de la dirección de la soldadura.

Propósito: Evaluar la calidad de la superficie de la soldadura a lo largo de su longitud.

Consideraciones Adicionales

Preparación de las Muestras: Las muestras deben prepararse cuidadosamente según las especificaciones del ensayo para asegurar que los resultados sean representativos y precisos.

Normas y Especificaciones: Siguiendo normas específicas como las de la American Welding Society (AWS) y la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) garantiza que los ensayos se realicen correctamente y que los resultados sean comparables y reproducibles.

Descripción de materiales y equipo

Equipo

Máquina universal IBERTEST:

Modelo: MIB 20

No. De escalas:4

Año:1982

La máquina ibertest funciona a través de la hidrostática y el fluido líquido que utiliza es el aceite, se compone de dos partes el panel de control y la máquina que hace el ensayo.

Panel de control:

En el panel se controla todo desde el encendido y apagado de la máquina, la escala de fuerza que ejerce la máquina a la probeta, subir o bajar el cabezal superior e inferior de la máquina, hasta ajustar la manecilla de color negra o aguja de carga que indica la fuerza ejercida y otra manecilla de color rojo o indicador de deformación que avanza junto a la primera manecilla y se detiene una vez ejercida la fuerza máxima; y la manecilla negra disminuye su fuerza retrocediendo.

Escalas (para el uso correcto y cuidado de la maquina cada fuerza solo se debe usar al 80%):

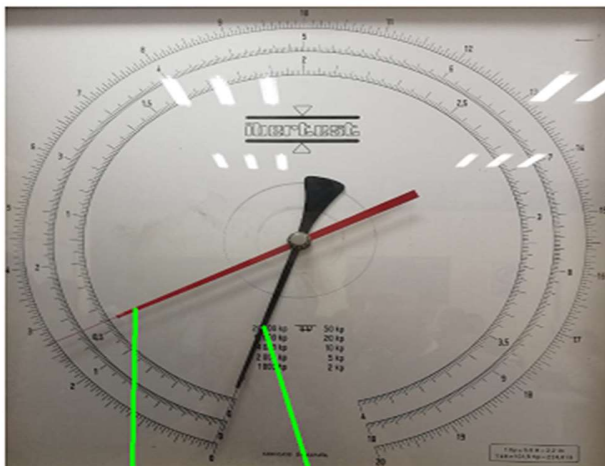
1:1-20000Kp donde una raya son 50Kp

1:2-10000Kp donde una raya son 20Kp

1:5-4000Kp donde una raya son 10Kp

Un Kp equivale a 9.8N o a 1 kgf

Las válvulas: son para mover el cabezal superior y ejercer la fuerza en la probeta; La válvula de carga ejerce la fuerza, y la válvula de descarga baja el cabezal y detiene el ensayo.



Manecilla roja

Manecilla negra



Máquina que hace los ensayos:

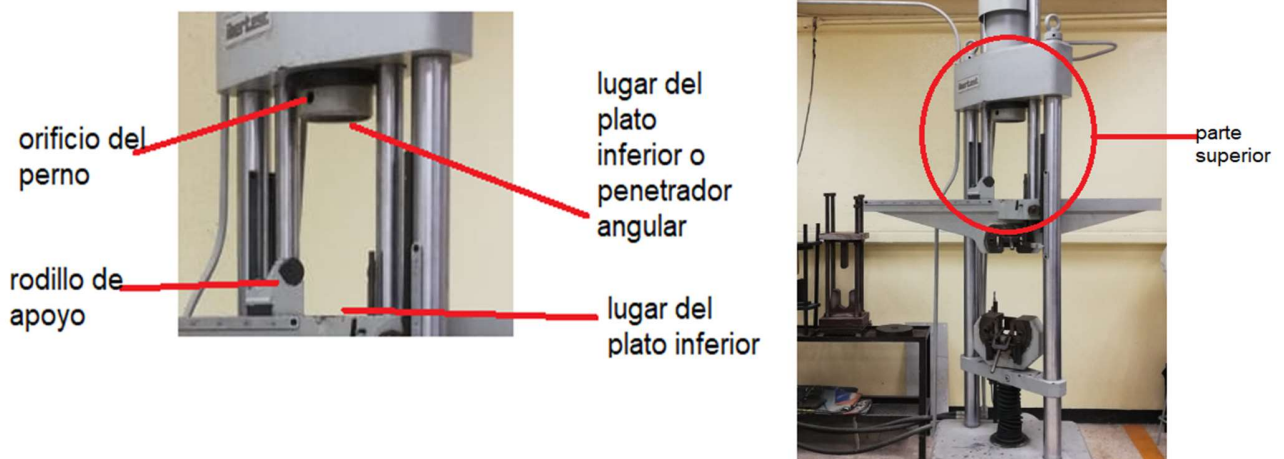
Esta es la parte mecánica cuenta con un cabezal superior e inferior para las probetas de tensión, en la parte superior se hacen otros ensayos como la de compresión, y o la de doblez y flexión; para ello la parte superior cuenta con distintos orificios para insertar accesorios como, los platos superior e inferior, el penetrador angular(cuña), el perno y los rodillos de apoyo.

Se compone de un engranaje en forma de sinfín en la parte inferior, el cual no es capaz de aplicar carga para ensayar los materiales, y solo sirve para bajar el cabezal y detener el ensayo. De igual manera, contiene un pistón hidráulico en la parte superior, el cual ejerce una fuerza en una dirección vertical y con un sentido ascendente, haciendo juego con los accesorios para redirigir las cargas y realizar el ensayo en cuestión.

Se tiene en el cabezal superior dos cuernos con una muesca en forma de riel, lo que permite mover los rodillos de apoyo utilizados para la elaboración de los ensayos de doblez y flexión semiguidados.

En caso de requerir hacer un ensayo de flexión o doblez guiado, se cuenta con un accesorio adicional con forma de U, el cual se encuentra guardado y puede colocarse en esta parte de la máquina a manera de guía para la deformación.

Esta sección cuenta con una serie de tubos que conectan las válvulas del panel de control con los pistones, abasteciéndolos de aceite y permitiendo su manejo.



Herramientas

Dado estriado de 1 3/16:

Sirve para apretar o aflojar tuercas, tornillos y otros elementos de sujeción, con una mayor rapidez para embonar en tuercas o tornillos.



Maneral:

Herramienta en forma de L tumbada en cuya punta es un cubo para insertarse en tornillos o dados, esta es usada para hacer palanca.



Perno:

Es una barra larga de metal que une un accesorio de la parte superior como el plato o cuña a la máquina, ejerciendo presión para que estas no estén flojas y se desensamblen a la máquina.



Penetrador angular(cuña):

Es un accesorio de la máquina que va en la parte superior de la máquina, en lo más arriba. La función de esta es el ir doblando la probeta mientras el cabezal superior va subiendo.



Rodillos de apoyo:

Esta funge como soporte y debe quedar a 20 centímetros del centro del penetrador angular, evitando que la probeta empuje hacia afuera evitando una deformidad que no sea en la dirección que nos interesa.



Vernier:

Es un instrumento de medición de precisión, que permite registrar mediciones de alta precisión.



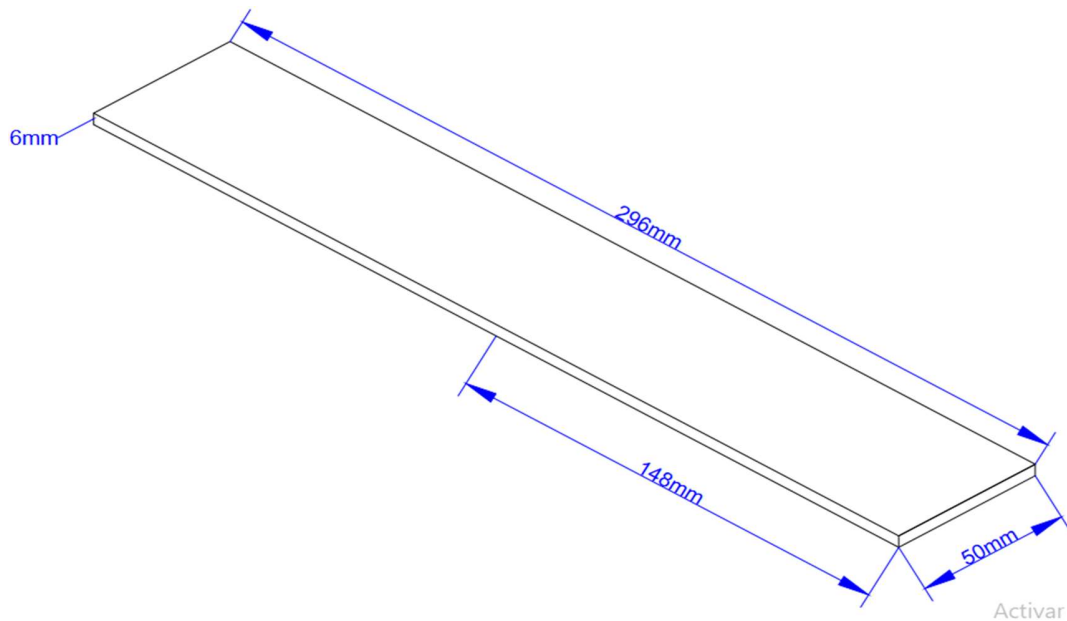
Materiales

Probeta de acero:

Su composición es acero A36, es una tipología de bajo carbono y uso estructural.

Flexión

Sus medidas son: largo:296mm; ancho:50mm; espesor:6mm



Doble

Proceso: SMAW

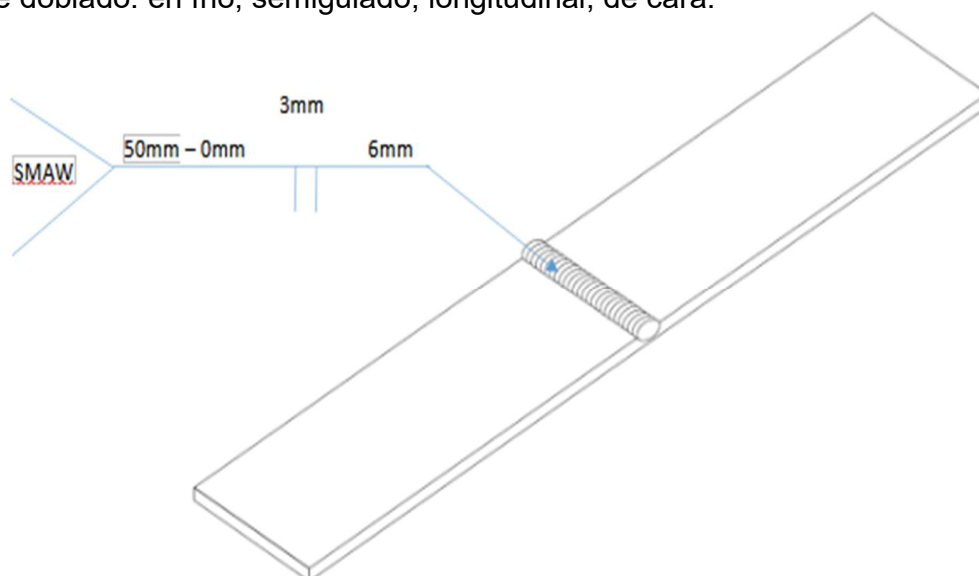
Electrodo: E-8018 1/8"

Maquina: C.C P. D+ 150 AMPER

Posición: 1G

Soldadura de ranura

Tipo de doblado: en frio, semiguiado, longitudinal, de cara.

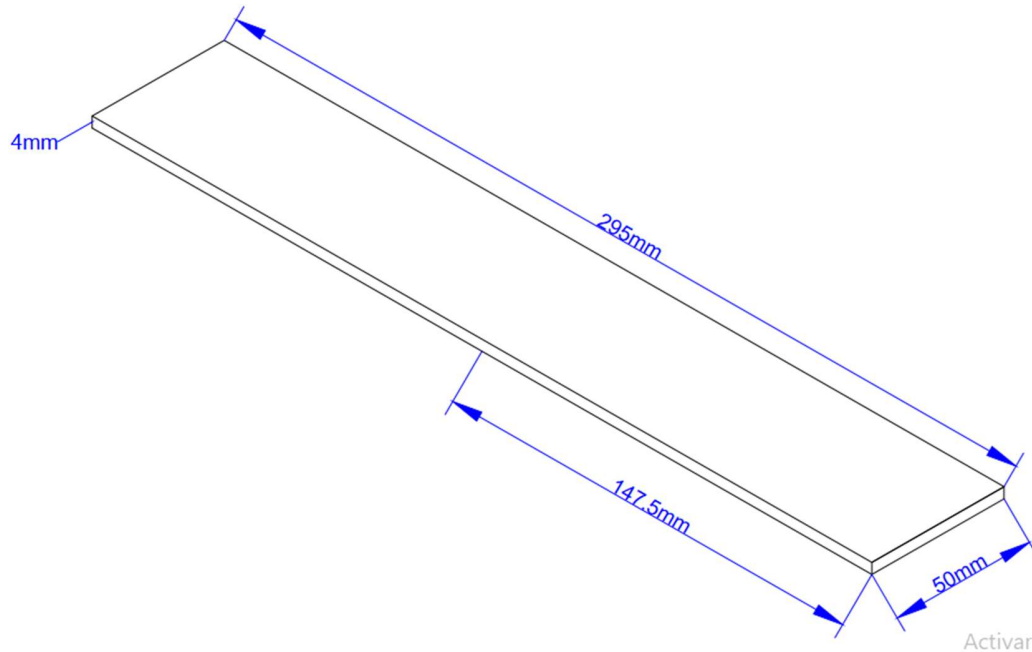


Probeta de aluminio:

Su composición principal es el aluminio 6061 el cual incluye magnesio y silicio.

Flexión

Sus medidas son: Largo: 295mm; ancho:50mm; espesor:4mm



Doble

Proceso: SMAW

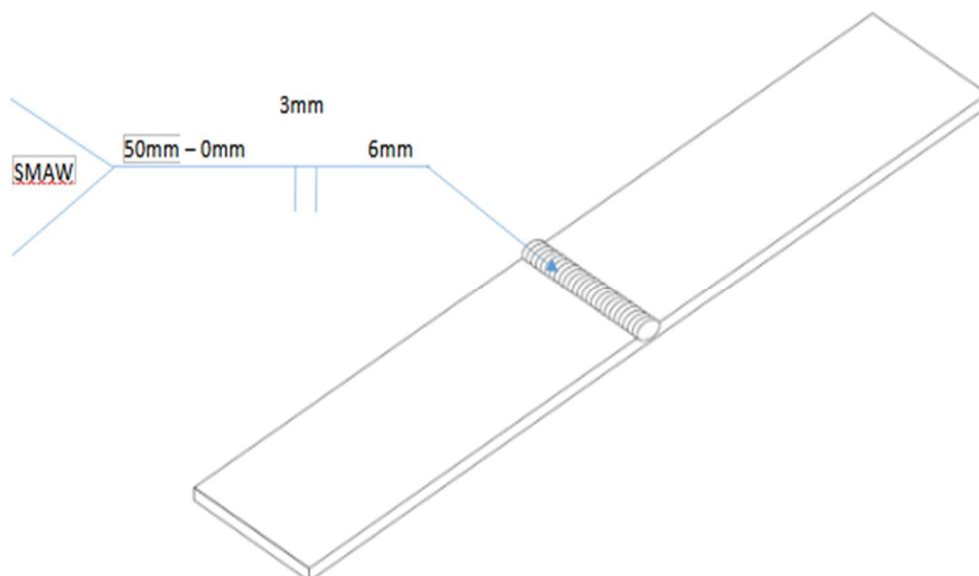
Maquina: C.C. P.I. + 60 AMPER

Electrodo: E-4043 1/8

Posición: 1G

Soldadura de ranura

Tipo de doblado: en frio, semiguiado, longitudinal, de raíz.



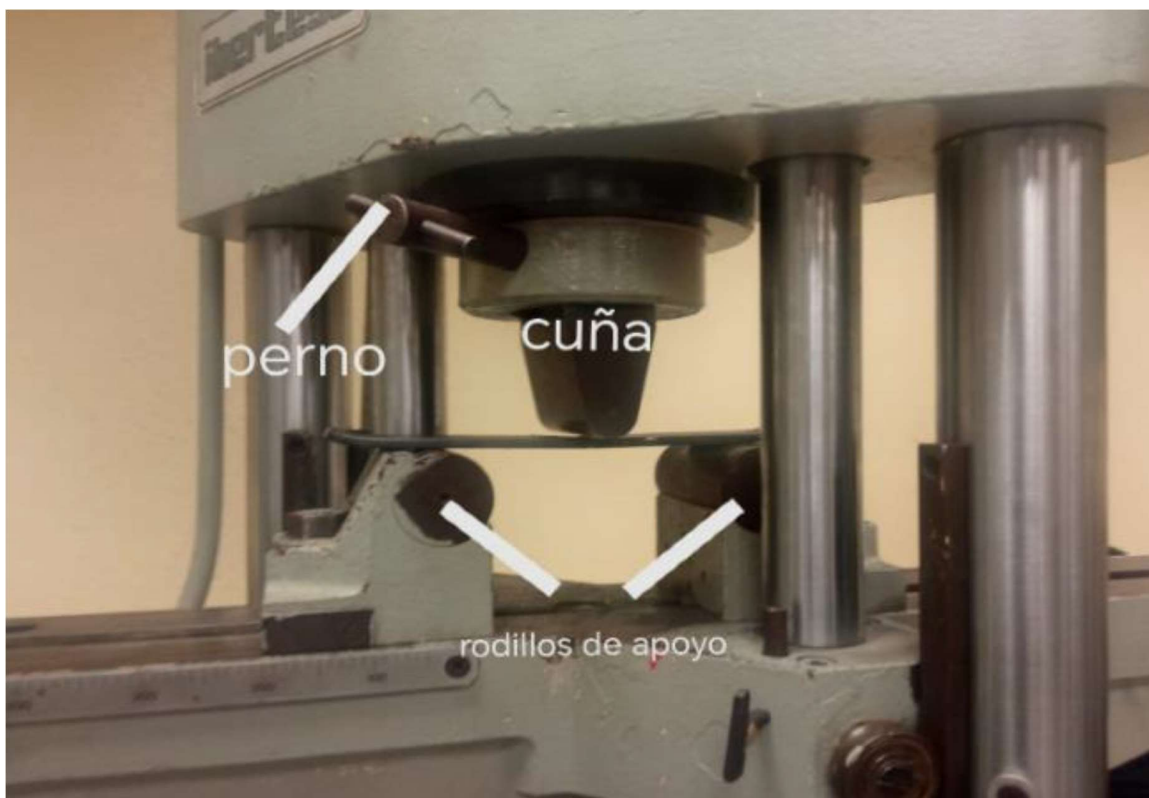
Desarrollo de la práctica

Ensayo de flexión en acero

Por primero se van a tener que sacar los cálculos previos donde se va a calcular la deformación y la carga máxima, así como el esfuerzo y después se va a realizar la tabla donde se vayan a ir anotando las cargas y deformaciones que va a sufrir la probeta en este caso no se va a medir dependiendo de las cargas, se va a medir cada milímetro de deformación va a ser una carga la cual se va a hallar mediante la escala que se vaya a utilizar.

Antes de poner los accesorios para la práctica se va a tener que precalentar la máquina esto cerrando y abriendo 10 veces las válvulas De carga subiendo y bajando el cabezal superior.

Una vez hecho esto se van a poner los accesorios de la máquina para el ensayo de flexión los cuales son un perno, penetrador angular o cuña, y los rodillos de apoyo y el vernier para medir la deformación.



Una vez ya ha puesto todos los accesorios a las máquinas, lo que se va a hacer es poner la probeta encima de los rodillos de apoyo de tal manera que el penetrador

angular esté alineado al centro de la probeta y se va a bajar el cabezal superior de tal manera que el penetrador angular toque la probeta. Para después aplicar la carga



Después una persona se va a encargar de medir con la escala cada milímetro de deformidad para poder ir tomando las cargas y se van a ir registrando en la tabla. Y ya por último cuando la probeta se deforme por completo se va a retirar de la máquina y se van a medir los ángulos

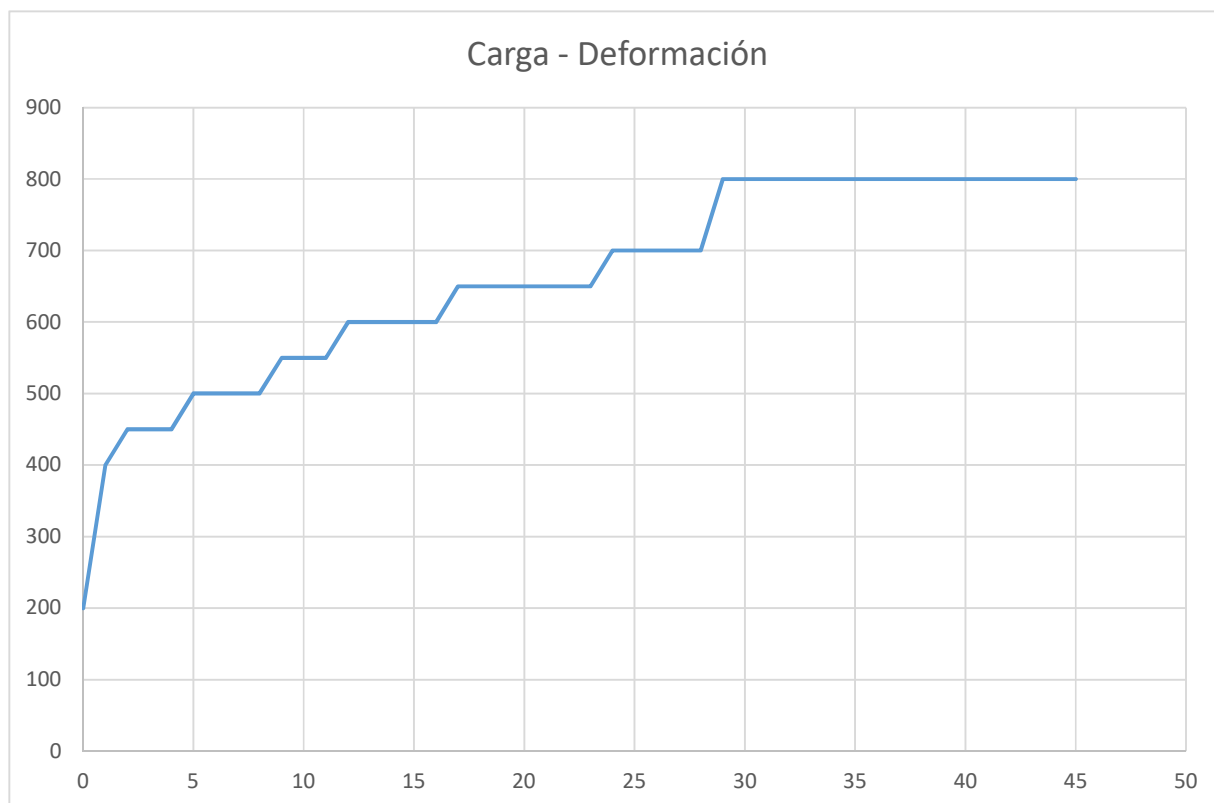


Resultados obtenidos tras el ensayo de flexión en acero

Ev.	Deformación (mm)	Carga (kgf)	Esfuerzo	Esfuerzo cortante
1	0	200	0.67	0.20
2	1	400	1.33	0.40
3	2	450	1.50	0.45
4	3	450	1.50	0.45
5	4	450	1.50	0.45
6	5	500	1.67	0.50
7	6	500	1.67	0.50
8	7	500	1.67	0.50
9	8	500	1.67	0.50
10	9	550	1.83	0.55
11	10	550	1.83	0.55
12	11	550	1.83	0.55
13	12	600	2.00	0.60
14	13	600	2.00	0.60
15	14	600	2.00	0.60
16	15	600	2.00	0.60
17	16	600	2.00	0.60
18	17	650	2.17	0.65
19	18	650	2.17	0.65
20	19	650	2.17	0.65
21	20	650	2.17	0.65
22	21	650	2.17	0.65
23	22	650	2.17	0.65
24	23	650	2.17	0.65
25	24	700	2.33	0.70
26	25	700	2.33	0.70
27	26	700	2.33	0.70
28	27	700	2.33	0.70
29	28	700	2.33	0.70
30	29	800	2.67	0.80
31	30	800	2.67	0.80
32	31	800	2.67	0.80
33	32	800	2.67	0.80
34	33	800	2.67	0.80
35	34	800	2.67	0.80
36	35	800	2.67	0.80
37	36	800	2.67	0.80
38	37	800	2.67	0.80
39	38	800	2.67	0.80
40	39	800	2.67	0.80
41	40	800	2.67	0.80
42	41	800	2.67	0.80
43	42	800	2.67	0.80
44	43	800	2.67	0.80

Ensayos Destructivos en Soldadura 4to semestre

45	44	800	2.67	0.80
46	45	800	2.67	0.80



Ensayo de flexión aluminio

Antes de empezar a aplicar la carga a la placa de aluminio tuvimos que precalentar la máquina subiendo y bajando el cabezal superior durante aproximadamente 20 minutos.

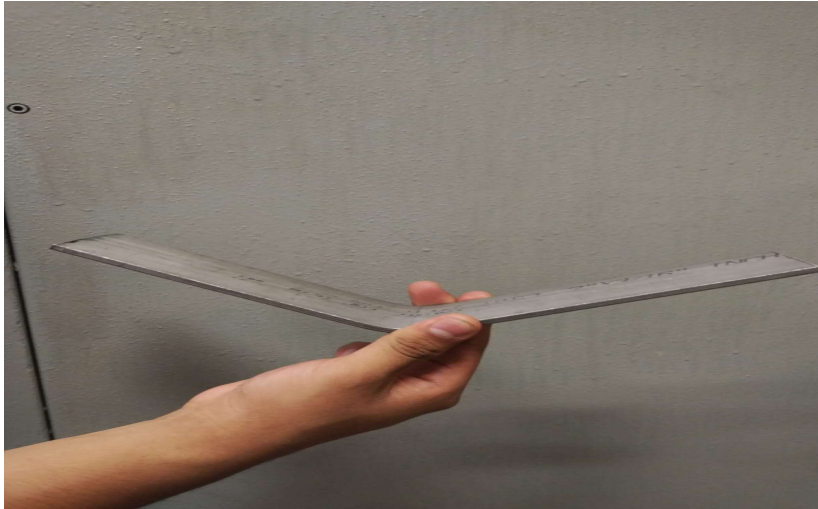
Después de haber precalentado el tiempo suficiente solo se procedió a poner el vernier en su lugar para que fuera midiendo cada milímetro de deformación y así ir sacando la carga en kilogramos e ir la poniendo en la tabla del pizarrón.

Luego de los dos pasos anteriores se puso la probeta arriba de los dos tipos rodillos y se aplicó un poco de presión a esta para verificar que estuviera bien alineada y evitar problemas en un futuro.



Una vez que ya se tenían las cargas máximas para la probeta se eligió la escala con la que se iba a trabajar y esta fue ...

En este caso no se trabajó con la máquina shimadzu por lo que no se pudo obtener una gráfica exacta en relación con la carga y deformación que se dieron durante el ensayo de la probeta de aluminio en flexión.

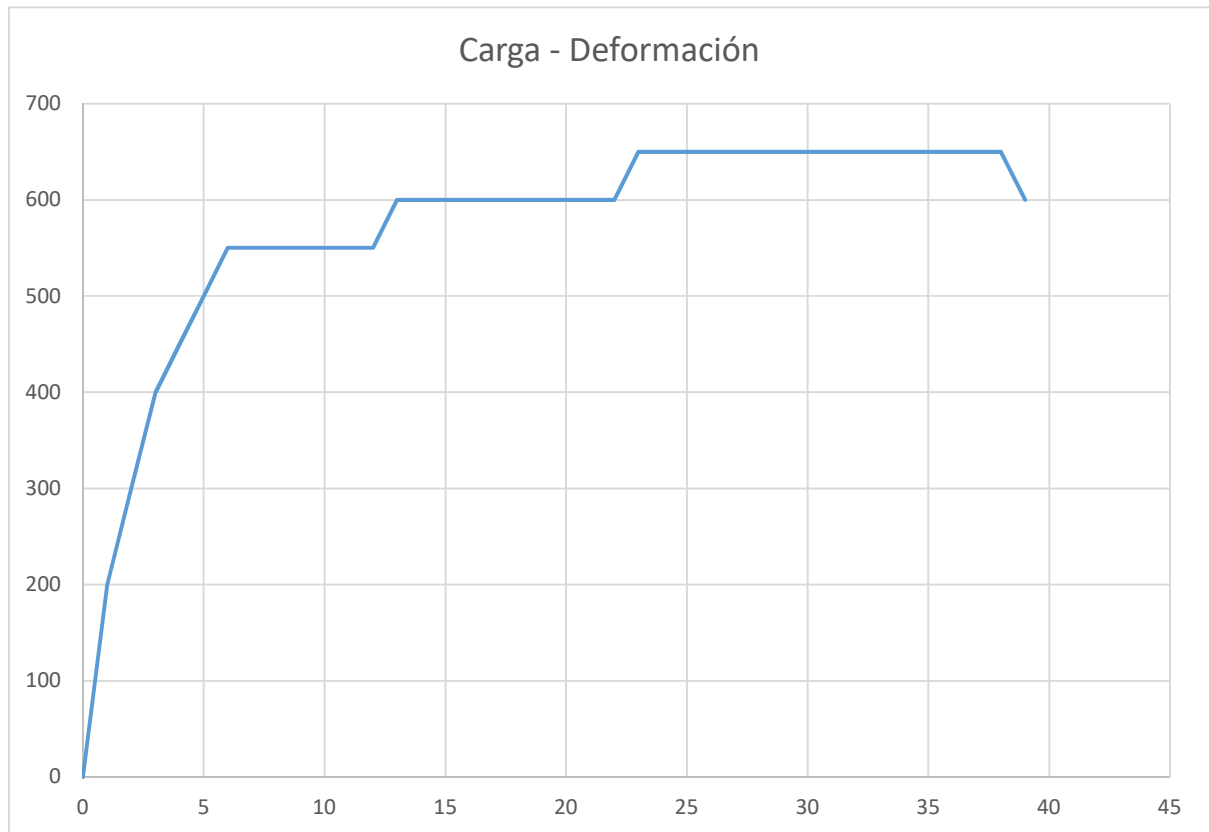


Finalmente se puede observar en la imagen como es que terminó la placa de aluminio de pues del ensayo de flexión a la que fue sometida quedando con un ángulo total de 135 grados.



Resultados obtenidos tras el ensayo de flexión en aluminio

Ev.	Deformación (mm)	Carga (kgf)	Esfuerzo	Esfuerzo cortante
1	0	0	0.00	0.00
2	1	200	1.00	0.30
3	2	300	1.50	0.45
4	3	400	2.00	0.60
5	4	450	2.25	0.68
6	5	500	2.50	0.75
7	6	550	2.75	0.83
8	7	550	2.75	0.83
9	8	550	2.75	0.83
10	9	550	2.75	0.83
11	10	550	2.75	0.83
12	11	550	2.75	0.83
13	12	550	2.75	0.83
14	13	600	3.00	0.90
15	14	600	3.00	0.90
16	15	600	3.00	0.90
17	16	600	3.00	0.90
18	17	600	3.00	0.90
19	18	600	3.00	0.90
20	19	600	3.00	0.90
21	20	600	3.00	0.90
22	21	600	3.00	0.90
23	22	600	3.00	0.90
24	23	650	3.25	0.98
25	24	650	3.25	0.98
26	25	650	3.25	0.98
27	26	650	3.25	0.98
28	27	650	3.25	0.98
29	28	650	3.25	0.98
30	29	650	3.25	0.98
31	30	650	3.25	0.98
32	31	650	3.25	0.98
33	32	650	3.25	0.98
34	33	650	3.25	0.98
35	34	650	3.25	0.98
36	35	650	3.25	0.98
37	36	650	3.25	0.98
38	37	650	3.25	0.98
39	38	650	3.25	0.98
40	39	600	3.00	0.90



Ensayo de doblez en acero

Antes de empezar a aplicar la carga a la probeta de acero ya soldada, tuvimos que precalentar la máquina subiendo y bajando el cabezal superior durante aproximadamente 20 minutos, esto para que la máquina empiece con su funcionamiento correctamente.

Se tomaron imágenes y medidas de la probeta antes del ensayo.



Después de haber precalentado el tiempo suficiente solo se procedió a poner el vernier en los rodillos para comprobar las distancias entre estos, y se identificó el inicio de la escala del milimetrage.

Luego de los pasos anteriores se puso la probeta arriba de los dos tipos rodillos y se aplicó un poco de presión justo en medio de la soldadura para verificar que estuviera bien alineada y evitar problemas de que no vaya uniforme la carga o esta chueca.

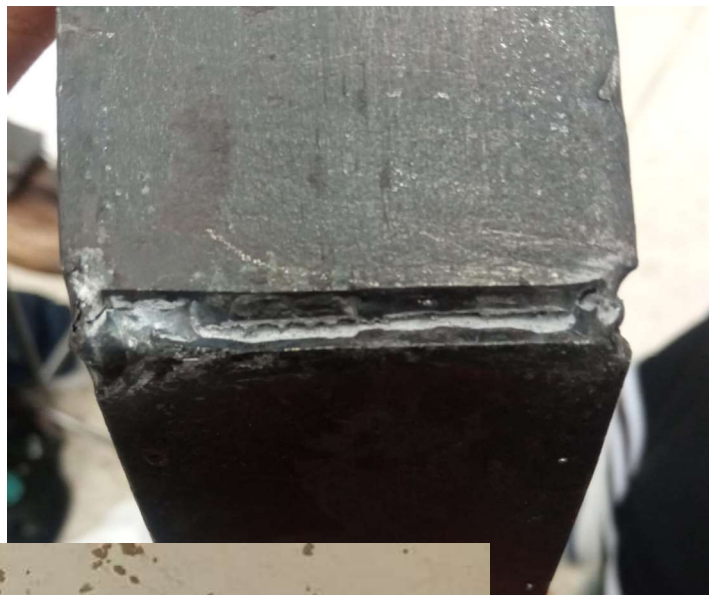


Una vez que ya se tenían las cargas máximas para la probeta se eligió la escala con la que se iba a trabajar, dos personas iban a anotar en el pizarrón la deformación y carga que fuera sufriendo el material, una persona leería la carga que la máquina vaya aplicando y finalmente una persona estaría leyendo en el milimetrage la deformación que está sufriendo, en este caso la persona que va viendo la deformación gritaría carga y la persona que lee la carga, gritaría la carga que estaría viendo y así mismo los otros dos anotarían los valores que estos mismos les estuvieran indicando.

En este caso no se trabajó con la máquina shimadzu por lo que no se pudo obtener una gráfica exacta en relación con la carga y deformación que se dieron durante el ensayo de la probeta de acero en doblez.

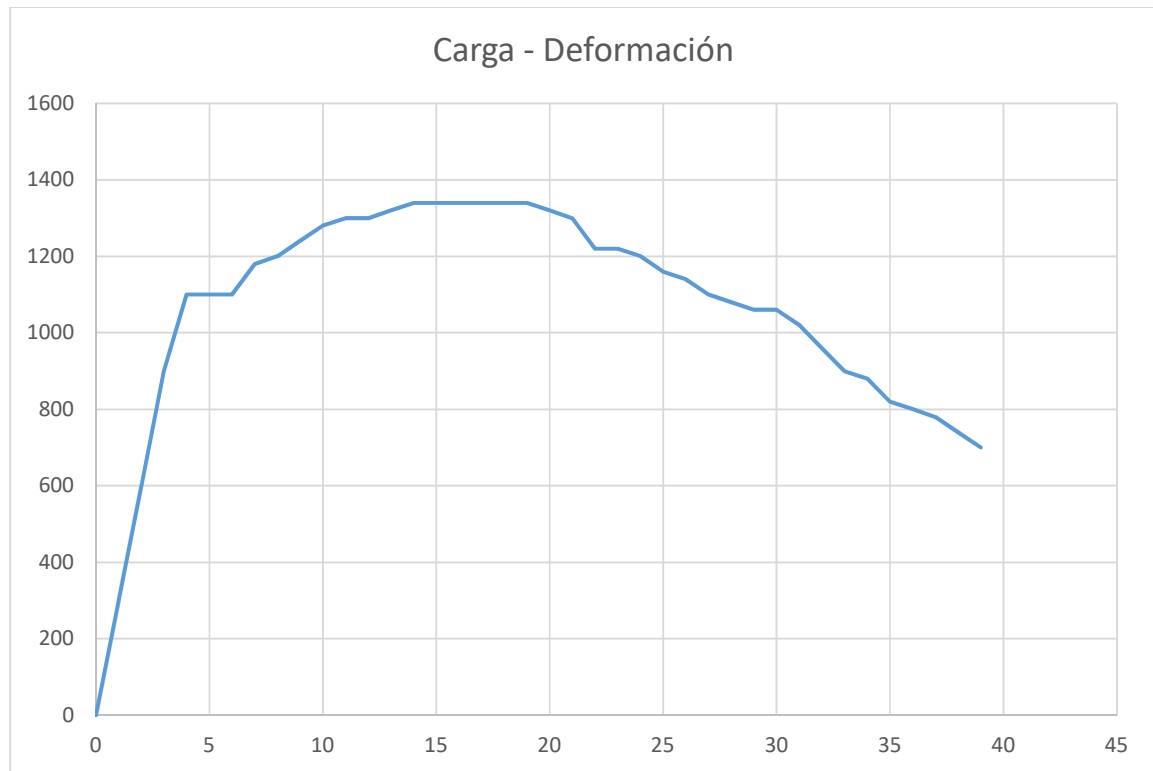
Finalmente se puede ver cómo es que terminó la soldadura de la probeta de acero, después del ensayo de doblez a la que fue sometida la soldadura acabo con grietas y tomo una forma triangular el material base.

imágenes de la probeta al finalizar el ensayo.



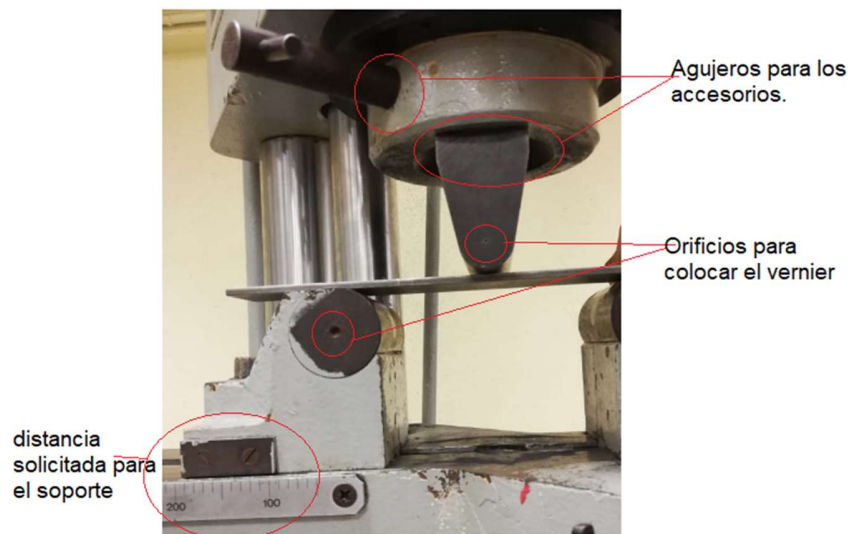
Resultados obtenidos tras el ensayo de doblez en acero

Ev.	Deformación (mm)	Carga (kgf)	Esfuerzo	Esfuerzo cortante
1	0	0	0.00	0.00
2	1	300	1.25	0.38
3	2	600	2.50	0.75
4	3	900	3.75	1.13
5	4	1100	4.58	1.38
6	5	1100	4.58	1.38
7	6	1100	4.58	1.38
8	7	1180	4.92	1.48
9	8	1200	5.00	1.50
10	9	1240	5.17	1.55
11	10	1280	5.33	1.60
12	11	1300	5.42	1.63
13	12	1300	5.42	1.63
14	13	1320	5.50	1.65
15	14	1340	5.58	1.68
16	15	1340	5.58	1.68
17	16	1340	5.58	1.68
18	17	1340	5.58	1.68
19	18	1340	5.58	1.68
20	19	1340	5.58	1.68
21	20	1320	5.50	1.65
22	21	1300	5.42	1.63
23	22	1220	5.08	1.53
24	23	1220	5.08	1.53
25	24	1200	5.00	1.50
26	25	1160	4.83	1.45
27	26	1140	4.75	1.43
28	27	1100	4.58	1.38
29	28	1080	4.50	1.35
30	29	1060	4.42	1.33
31	30	1060	4.42	1.33
32	31	1020	4.25	1.28
33	32	960	4.00	1.20
34	33	900	3.75	1.13
35	34	880	3.67	1.10
36	35	820	3.42	1.03
37	36	800	3.33	1.00
38	37	780	3.25	0.98
39	38	740	3.08	0.93
40	39	700	2.92	0.88



Ensayo de doblez en aluminio

Para iniciar el ensayo anteriormente se debe precalentar la máquina, subiendo y bajando el cabezal superior con la válvula de carga. También se debe colocar los accesorios, ponemos el penetrador angular en el orificio de hasta arriba y lo sujetamos con el perno, insertándolo por el orificio horizontal que está al lado del orificio de arriba. Con ayuda del maneral y el dado; para así poder separar los rodillos de apoyo a 20cm del centro del penetrador angular, para ser más exactos ante la distancia que tienen los rodillos a el centro de la cuña usaremos un vernier y la parte por detrás llama mordaza de medición interna, haciendo que cada punta



de la mordaza se inserte en los pequeños agujeros del rodillo de soporte y en la cuña.

Una vez ajustada la máquina para el ensayo de dobles se pone la probeta encima de los soportes y se alinea su mitad a al centro de la cuña, y subir el cabezal superior hasta que la probeta toque a la cuña, pero sin generar dobles alguno.



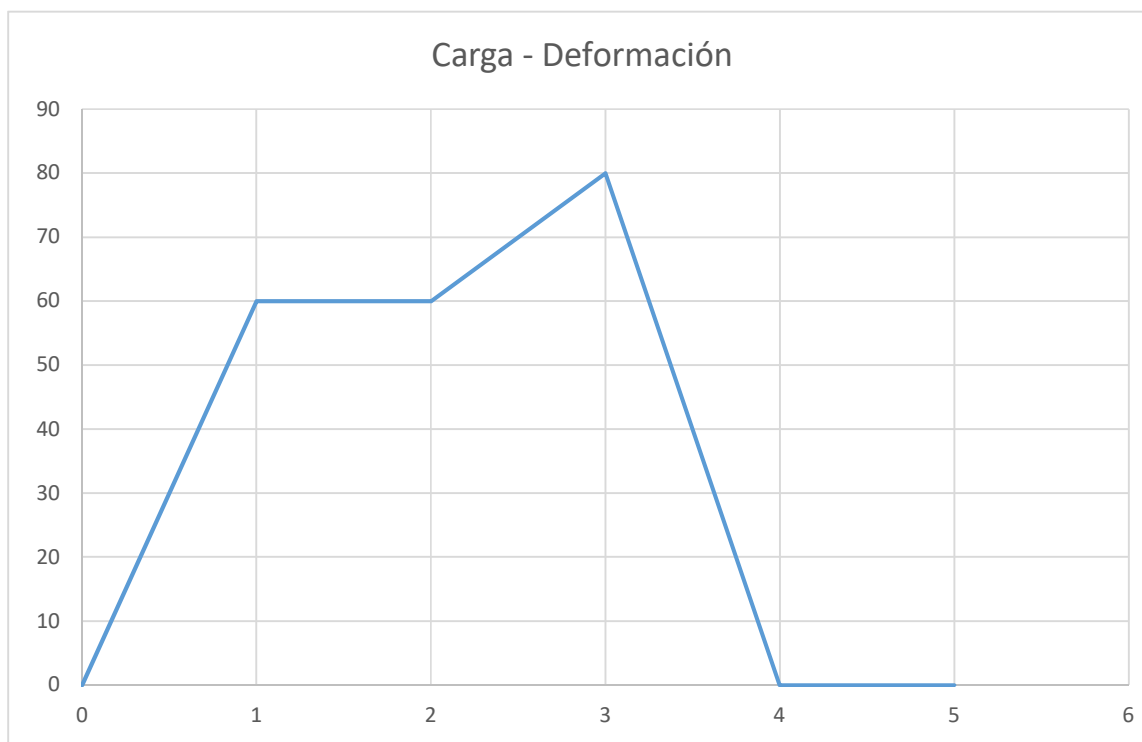
Una vez echo todo esto; una persona se posiciona sobre un pequeño medidor que indica la longitud de deformidad, y por cada milímetro transcurrido este dice carga y otra persona debe estar viendo el panel de control y decir cuál es la carga actual por ese milímetro, y eso se registra en la tabla del pizarrón.

Lastimosamente la probeta de aluminio no se soldó bien por la dificultad de soldar aluminio, y la probeta se rompió con una carga muy ligera, por ende, el soldador no estaba calificado para soldar esta probeta de aluminio, siendo la carga máxima 80Kp con una deformación de 4 milímetros.



Resultados obtenidos tras el ensayo de doblez en aluminio

Ev.	Deformación (mm)	Carga (kgf)	Esfuerzo	Esfuerzo cortante
1	0	0	0.00	0.00
2	1	60	0.40	0.12
3	2	60	0.40	0.12
4	3	80	0.53	0.16
5	4	0	0.00	0.00
6	5	0	0.00	0.00



Observaciones generales

Durante el ensayo de flexión en acero, al llegar a 600kgf, la probeta se deformaba 1 mm cada 7 segundos aproximadamente, sin variar la carga, hasta que de forma abrupta esta subía cincuenta kilogramos a 650kgf y se mantenía con el ritmo anterior. Este comportamiento se observó igualmente en la probeta de flexión de aluminio.

No se puede comparar la sección del área transversal de entre las probetas de flexión de acero y aluminio, debido a que cuentan con cien milímetros cuadrados de diferencia (la menor soportara un esfuerzo cortante inferior a la de mayor área)

Para las probetas de doblez, se esperaba que soportaran un esfuerzo indicado por su nomenclatura AWS; el de acero al ser E-8018 soportaría 80000 lb/plg², mientras que el aluminio 40000 lb/plg². Sin embargo, El primero no soporto la carga esperada debido a que la soldadura no alcanzo una buena penetración, y el segundo se fracturó con ochenta kilogramos de carga, debido a que al momento de soldar no se precalentó como es debido.

En las soldaduras se observan discontinuidades, tales como la falta de penetración antes mencionada, una longitud no completa, un cordón no uniforme en el caso del aluminio y algunas incrustaciones de escoria. Estas discontinuidades proporcionaron menor resistencia a la unión. (Acero y aluminio respectivamente)



Las gráficas realizadas a partir de la carga y la deformación sufrida muestran una línea que en algunas probetas se asemeja a las gráficas de tensión.

Al finalizar los dos primeros ensayos de flexión, las probetas se doblaron en forma curva hasta obtener valores de más de cien grados entre extremo y extremo.

Sin embargo, en los dos ensayos de doblez, la forma no fue curva, si no que triangular. Esto puede indicar una mala soldadura, y la fractura de la misma, como se muestran a continuación. (Acero y aluminio respectivamente)



Conclusiones Generales

Gracias a las gráficas obtenidas en los ensayos de flexión se puede deducir que un material, dado un cierto esfuerzo, se va a doblar tras recibir una carga, pero no será necesario aumentar dicha fuerza para seguir doblándolo algunos milímetros más.

Por los datos en números de deformación, carga y área, comparados con datos de ensayos anteriores como tensión y compresión, se puede concluir que es más fácil doblar un material y/o cortarlo que comprimirlo o estirarlo, ya que requiere de menos esfuerzo. Esto ya venía con un indicio de que sería así dada la naturaleza matemática del esfuerzo cortante, presente en el fenómeno físico de flexión, puesto que dicho esfuerzo equivale al 30% del esfuerzo normal o esfuerzo permisible, usado para calcular la resistencia máxima en los ensayos de tensión y compresión.

Del ensayo de doblez, se pudo concluir y diferenciar el comportamiento mecánico de una unión soldada y un material homogéneo, siendo que en teoría deberían comportarse de manera similar. Sin embargo, los ensayos de flexión concluyeron doblando la pieza demorando bastante y sin fracturarla, al contrario de los de doblez, donde concluyeron en menos de veinte minutos y provocaron fracturas en la soldadura, concluyendo así que las soldaduras estaban mal hechas, y no deberían pasar cualquier calificación según las normas como ASME sección IX.

Otra cuestión muy importante fue la importancia del procedimiento correcto de soldadura, puesto que se pudo observar en la probeta de doblez de aluminio, la cual requería precalentamiento en su proceso de soldadura y no le fue realizado, que esta falla evitó la penetración y unión adecuada entre ambas partes de la pieza, creando una unión frágil y para nada fiable, que se fracturó a ochenta kilogramos de fuerza.

Por otro lado, la soldadura en el acero tampoco estaba exenta de problemas. A pesar de que la terminación se veía bien, se notaba una falta de penetración en la raíz por un milímetro, cosa que, si se hubiese preparado con un bisel o en su defecto, con una mayor apertura de raíz, no hubiese sucedido. Además, la longitud del cordón era un poco menor a los cincuenta milímetros originales, cosa que afecta al área transversal, haciendo que resista menor carga. Por estas razones, a diferencia de la probeta original, esta sí se quebró.

De esta manera se concluye que los procedimientos de soldadura elaborados de una manera correcta dan como resultado uniones que sí son confiables y resistentes de acuerdo al material utilizado.

Bibliografía y cibergrafía

- Nash, W. (1995). Resistencia de materiales (2.a ed.). McGRAW-HILL INC.
- Ortiz, L. (2007). Resistencia de materiales. (3.a ed.). GAAP Editorial SL.
- Velé, L. M. (2008). Materiales industriales. Teoría y aplicaciones. (1.a ed.). Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM).
- Pedía, I. (2023b, julio 12). Acero AISI SAE 1006: Propiedades, aplicaciones y usos. *ingenieriapedia.com*. https://ingenieriapedia.com/acero-aisi-sae1006/#Propiedades_mecanicas_del_acero_AISI_1006
- Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. (s. f.). Esfuerzos permisibles. Sudoku. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-sanagustin-de-arequipa/resistencia-de-materiales/esfuerzos-permisibles/80886041>
- Velé, L. M. (2008). Materiales industriales. Teoría y aplicaciones. (1.a ed.). Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM).
- Tema, G. (2023, 6 julio). Aluminio 6061: Conozca Sus Propiedades y Usos - Jabrían. *Jabrían*. <https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-suspropiedades-y-usos/>
- Ensayo de flexión | ZwickRoell | Ensayo de flexión. (n.d.). Ensayo De Flexión. <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-flexion/>
- Ensayo de Flexión del Aluminio 2014 República Bolivariana de Venezuela Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria LUZ-COL Ingeniería Civil Practica de Topografía Ensayo de Flexión del Aluminio. Realizado por: Mariangel Losada C.I 23.467.939 Mariorlis Olivar C.I 24.165.031 <https://es.slideshare.net/jefferson23/ensayo-de-flexion-del-alumino>
- Ensayo de flexión. (n.d.). Ensayo De Flexión. <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-flexion/>
- Pruebas de doblez 101. (n.d.). MTS. <https://www.mts.com/la/articles/materials/bend-testing-101>
- En que consiste el ensayo de doblez (flexión). (2021, February 9). Área Académica De Me. https://www.areametalurgia.com/post/la-madre-de-todas-las-pruebas-a-los-metales-prueba-de-dobleza#google_vignette

American Welding Society (AWS). (n.d.). Métodos estándar para los ensayos mecánicos de las soldaduras. https://pubs.aws.org/Download_PDFS/B4.0-2007-PV.pdf

ANSI/AWS B4.0 tensile testing of welds. (n.d.). Instron. <https://www.instron.com/es-ar/testing-solutions/other-standards/ansi-aws-b4-0>