

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	MIGUEL ANGEL	
Apellido (s):	ZAMUDIO CAMPOS	
Código:	20102275042	
E-mail:	udmiguel2007@yahoo.es	
Teléfono fijo:	3016193	
Celular:	3005553829	

Ejecutor 2

Nombre (s):	JUAN MANUEL	
Apellido (s):	PENAGOS MARTÍNEZ	
Código:	20102275025	
E-mail:	juanpm44@hotmail.com	
Teléfono fijo:	8063805	
Celular:	310 3032732	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE MÁQUINA DE DOBLEZ GUIADO PARA LA COMPAÑÍA WEST ARCO	
Duración (estimada):	1 AÑO	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	PROYECTO DE GRADO	
Línea de Investigación de la Facultad*:	APOYO TECNOLOGICO EMPRESARIAL	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño de elementos de máquinas, Resistencia de Materiales	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

CONTENIDO

RESUMEN	2
0. INTRODUCCIÓN	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. ESTADO DEL ARTE	5
1.2. JUSTIFICACIÓN	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. OBJETIVO GENERAL	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. MARCO TEÓRICO	10
4. METODOLOGÍA	16
5. CRONOGRAMA	17
6. COSTOS Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	18
7. BIBLIOGRAFÍA	19

RESUMEN

En la ejecución de los ensayos de dobléz guiado a materiales metálicos y uniones soldadas realizado por la compañía Soldaduras West Arco se identificó el uso de equipos destinados para ensayos de otra índole en conjunción con accesorios fijos diseñados empíricamente; la situación descrita redundante en pérdida de tiempo efectivo destinado para la realización de otros ensayos, aumentando los costos operativos de la empresa.

Según la norma ASME sección IX y la norma AWS A 3.0 la práctica de ensayos de dobléz guiado a materiales metálicos y uniones soldadas demanda la disponibilidad de un dispositivo especializado que permita su correcta ejecución y que genere en la probeta de ensayo una geometría de dimensiones específicas basadas principalmente en el porcentaje de elongación mínimo. Con los dispositivos tradicionales cualquier cambio dimensional genera un alto impacto económico y técnico que el dispositivo planteado por el presente proyecto pretende subsanar en gran proporción reduciendo el número de dispositivos fijos distintos, así como la reducción en los costos de fabricación y manipulación que actualmente son necesarios de asumir. La ejecución de diseño y construcción se realiza con base en los códigos de soldadura y normas aplicables al ensayo de dobléz en material metálico y uniones soldadas vigentes, especialmente la sección IX del código ASME Boiler and Pressure Vessel 2010 Addenda 2011.

0. INTRODUCCIÓN

La ejecución de ensayo de doblez guiado es parte fundamental en la caracterización y pruebas de uniones soldadas, toda vez que permite determinar discontinuidades presentes en el depósito de soldadura; así mismo, el ensayo de doblez en material metálico permite determinar discontinuidades que estén presentes en producto terminado (platinas o tuberías) y así verificar su cumplimiento contra estándares de calidad.

El presente proyecto procura el diseño y construcción de un dispositivo que adecúe su geometría y funcionamiento a las distintas posibilidades en ejecución de ensayos de doblez guiado que, principalmente por la elongación de los materiales metálicos, pueden presentarse. Se centrará el desarrollo del dispositivo para ensayo en materiales metálicos con probetas de doblez estandarizadas para uniones soldadas y aceros, conforme a los métodos de ensayo y criterios estandarizados por códigos de soldadura y especificaciones de producto que consideren aplicable al ensayo de doblez guiado. La principal referencia tomada para el desarrollo es la sección IX del código ASME Boiler and Pressure Vessel 2010 Adenda 2011, toda vez que este código es uno de los más explícitos en los requerimientos dimensionales y ejecución de ensayo en unión soldada; se complementará su información con otras normas que hagan referencia al ensayo de doblez guiado.

El desarrollo del dispositivo se realizará mediante diseño conceptual y apoyo de software CAD/CAM/CAE, teniendo como base los lineamientos exigidos por códigos de soldadura y especificaciones aplicables en cuanto a dimensionamiento y geometría, desarrollando posteriormente el modelo físico de dispositivo de doblez; se verificará su correcto funcionamiento y su conformidad con las exigencias de norma aplicable.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el desarrollo de ensayo de doblez guiado a soldaduras es necesario contar con un dispositivo que permita ejercer una carga a la pieza a ensayar y, a su vez, genere una forma final en "U" a la pieza ensayada de manera que una de sus superficies (cara expuesta convexa luego de doblez) pueda ser evaluada acorde a las especificaciones de producto y códigos de soldadura aplicables.

El radio de curvatura que debe ser transferido a la probeta depende en gran forma del porcentaje de elongación mínimo esperado para el material metálico o para las dos piezas que han sido unidas mediante soldadura y que están siendo sometidas a ensayo. Al existir variaciones en el porcentaje de elongación, consecuentemente, se genera la necesidad de que el dispositivo para ensayo de doblez tenga la capacidad de adaptar su geometría a las dimensiones indicadas para el material ensayado. Básicamente, a menor porcentaje de elongación del material ensayado, se espera que el radio de curvatura al cuál debe ser llevada la muestra de ensayo sea menor porque puede producirse fractura inherente al método de ejecución al exceder la capacidad de deformación plástica del material.

En el Laboratorio de Ensayo de Soldaduras West Arco, quienes actualmente ofrecen el servicio de ensayo de doblez, se presenta la dificultad referida con la geometría de los dispositivos (que es fija) y la ocupación para ejecutar este ensayo de la máquina universal de ensayos impactando directamente la capacidad de adaptación a distintos materiales, la eficiencia en los tiempos de prestación de servicio y el costo de obtener un amplio rango de geometrías que permitan ampliar la capacidad de servicio.

La fabricación del dispositivo de doblez guiado con los diseños usados normalmente implican el uso de piezas sólidas con geometría fija y requieren contar con máquinas específicamente diseñadas para tal fin, o que obligan a contar con máquinas especializadas (como por ejemplo, una máquina universal de ensayo) para su correcto funcionamiento.

Por otra parte el ensayo de doblez guiado, si bien no se encuentra ampliamente difundido en la industria, es parte esencial en la evaluación de materiales metálicos y sobre todo de uniones soldadas. En el laboratorio de ensayo consultado que actualmente ofrece el servicio de ensayo de doblez se presenta la dificultad referida con la geometría de los dispositivos (que es fija) y la ocupación para ejecutar este ensayo de la máquina universal de ensayos impactando directamente la capacidad de adaptación a distintos materiales, la eficiencia en los

tiempos de prestación de servicio y el costo de obtener un amplio rango de geometrías que permitan ampliar la capacidad de servicio.

Con estas razones, se genera la necesidad de diseñar y construir un dispositivo que permita adaptar eficientemente distintas dimensiones geométricas conforme a los requerimientos de normas aplicables. Se requiere también que su costo de fabricación y operación sean los menores posibles de modo que sea viable y demuestre eficacia en su funcionamiento para ser usado en las ejecuciones de ensayo comunes reduciendo tiempos de prestación de servicio y optimizando la ejecución de los ensayos de dobléz. Con las consideraciones inicialmente observadas en la práctica de los dobleces guiados, se estima conveniente la variación en diámetro planteada para un rango de entre treinta y cinco (35) y cien (100) milímetros.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Para los ensayos de doblado guiado y, en general, el doblado de elementos metálicos ya se encuentran dispositivos disponibles a la venta con diversos diseños. Una de las empresas que fabrica dispositivos y maquinaria para diversos ensayos (entre éstos las de doblado guiado) es INSTRON establecida en Canton, cerca de Boston, Massachusetts.

El dispositivo tipo roller jig fabricado por dicha empresa consta de rodillos de apoyo móviles con posición graduable, una regilla guía y arietes de diámetro fijo intercambiables tipo punzón (Ver figura 1).



Fig. 1. Dispositivo para doblado guiado con ariete tipo punzón (Tomado de <http://www.instron.com.es>)

Otra de las empresas que fabrica este tipo de dispositivos es Shanghai Bairoe Test Instruments Co Ltd., quienes ofrecen una máquina hidráulica con dispositivo tipo roller jig (referenciada bajo la nomenclatura LWS-200) originalmente diseñada para doblado de varilla, platina y barras de refuerzo. En la tabla 1 se relacionan sus principales características técnicas y la figura 2 la conformación de la misma:

Fabricante	Shanghai Bairoe Test Instrument Co. Ltd
Modelo	LWS – 200
Viaje del cilindro principal	390 mm
Capacidad	200 KN
Espesor de espécimen tipo placa	6 – 25 mm
Diámetro de espécimen tipo barra	6 – 40 mm
Rotación máxima	180°
Peso	Aproximado 100 Kg.

Tabla 1. Características técnicas de la máquina referencia LWS-200 (Adaptado de http://www.bairoe.cn/china-cold_bending_test_machine-1822576.html)



Fig. 2. Máquina de doblez guiado LWS-200 (Tomado de http://www.bairoe.cn/china-cold_bending_test_machine-1822576.html)

Una tercera compañía ofrece una maquina hidráulica diseñado para poner a prueba la resistencia a flexión de barras de acero. Esta máquina puede adaptarse para ensayos de material base y de uniones soldadas. La figura 3 muestra su conformación que es muy similar al ejemplo anterior, el diseño también incluye rodillos con posición variable; el radio de curvatura del elemento que conforma la probeta puede ser variado intercambiando sus piezas con geometría diferente.



Figura 3. Máquina para ensayo de doblez Qualibend II (tomado de http://www.worldoftest.com/coldbendtester.htm#coldbend_2)

La compañía Stainelec Hydraulic Equipment, dentro de su catálogo de productos, ofrece una máquina hidráulica (originalmente concebida para el doblaje de varillas de acero) identificada como TYB-D26 (Figura 4) que tiene un concepto similar al tipo de dispositivo Wrap Around JIG y cuyo diseño puede ser aplicable a los

ensayos de doblez guiado. La máquina hace el doblado de barras mediante la acción de un rodillo móvil que se arrolla por sobre el metal a ser conformado y que, a su vez, está dispuesto sobre un elemento fijo que soporta la carga y transfiere su geometría al elemento doblado.



Fig. 4. Máquina para doblez TYB – D26 (tomado de http://www.stainelec.com.au/page_56.html)

Las opciones disponibles comercialmente están centradas principalmente en el ensayo de doblez para varillas o barras metálicas de refuerzo estructural, o para el conformado de las mismas. En el país, la fabricación de dispositivos y máquinas para ensayo de doblez guiado está caracterizada principalmente por diseños experimentales y fabricación particular, a pedido de la persona o entidad interesada y que posee el conocimiento previo para poder diseñar cada dispositivo. A nivel global, como puede apreciarse en estas líneas, existen algunas opciones disponibles que es necesario evaluar para implementar. En términos generales y salvo para barras metálicas de refuerzo, este tipo de dispositivos y maquinarias no se encuentran ampliamente difundidos; se considera como principal causa para la oferta disponible el hecho que su aplicación no se encuentra ampliamente difundida y que su uso, prácticamente, es exclusivo para la realización de ensayos de doblez guiado; éste es realizado por entidades especializadas en laboratorios de ensayos mecánicos y, por ende, su uso comercial se encuentra muy reducido.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La ejecución del ensayo de doblez guiado a uniones soldadas es parte fundamental del proceso de calificación de procedimientos de soldadura y calificación de habilidad del soldador, que a su vez son indispensables para el aseguramiento de la calidad en cualquier proyecto que involucre uniones con soldadura; es bien conocida la importancia de este proceso en la industria actual. La mayoría de códigos y normas de soldadura ampliamente difundidos y utilizados como estándar de calidad para la ejecución de procesos de soldadura exigen la realización de ensayos de doblez guiado a las uniones soldadas para verificar su conformidad contra criterios de evaluación aplicables.

Actualmente, el Laboratorio de Ensayos Mecánicos y Químicos de Soldaduras West Arco es el Laboratorio más reconocido y debidamente acreditado para la realización de ensayos mecánicos y químicos tanto a probetas de metal base como a uniones soldadas; dentro de los servicios que presta se encuentra la ejecución de ensayo de doblez guiado a uniones soldadas y metal base. Durante el desarrollo de algunos servicios a sus clientes, el Laboratorio ha experimentado la situación descrita en el planteamiento del problema que, a su vez, ha tenido repercusión en sus tiempos y costos de prestación de servicios así como dificultades en el cumplimiento de tiempos de ensayo con sus clientes.

El costo de producir un dispositivo de doblamiento guiado (jig) con los métodos tradicionales implica un valor alto para las compañías interesadas en ejecutar este tipo de ensayos, toda vez que se trata de elementos, generalmente de acero, con dos o tres partes de dimensiones establecidas no modificables que limitan su uso exclusivo para determinado tipo de probeta, según la exigencia técnica que el código de soldadura o norma de referencia para método de ejecución de ensayo tengan. Un cambio en la consideración dimensional para dispositivo de doblez que la norma aplicable indique implicará la fabricación de un nuevo dispositivo (y sus accesorios) que cumplan con la geometría requerida. Se estima conveniente la variación en diámetro planteada dentro de la Norma AWS A3.0 para un rango de entre treinta y cinco (35) y cien (100) milímetros. A esto se sumará los costos de adquisición de materiales, mecanizados con relativamente alta precisión, manipulación, desplazamiento y montaje que estas piezas demandan.

Por último, es importante reducir la dificultad técnica y económica que supone para cualquier persona o empresa en el campo de acción (soldadura) verificar la calidad de su proceso. Siendo este ensayo destructivo un método fiable y tangible para la verificación de calidad de uniones soldadas, cualquier avance en pos de la masificación de este ensayo (como puede serlo el dispositivo planteado) llevará indefectiblemente a un mejoramiento en la calidad de producto y de la aplicación de procesos de soldadura que, actualmente en nuestro medio, realmente se encuentra en sus primeras fases de implementación comparado contra industrias extranjeras.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un prototipo funcional que permita la realización efectiva de ensayos de dobléz guiado a uniones soldadas y material metálico.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1. Diseñar distintas opciones de dispositivo de dobléz guiado que permita llegar a un único modelo eficiente.
- 2.2.2. Construir el prototipo diseñado y verificar la correcta ejecución del ensayo de dobléz guiado.
- 2.2.3. Analizar el funcionamiento y comportamiento el prototipo diseñado y definir las mejores condiciones técnicas de funcionamiento.
- 2.2.4. Realizar las variaciones dimensionales conforme a códigos de soldadura o normas de referencia.
- 2.2.5. Verificar las ventajas y desventajas de operación frente a dispositivos de dobléz guiado convencionales.
- 2.2.6. Comparar las ventajas y desventajas económicas del método tradicional contra el nuevo método de ensayo propuesto.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Soldadura, Definición y Procesos

La soldadura abarca una gran variedad de procesos de unión de materiales metálicos y no metálicos, procesos que son fundamentales en la fabricación y desarrollo industrial. La norma AWS A3.0 define el proceso de soldadura como la coalescencia localizada de metales o no metales producido ya sea mediante el calentamiento de los materiales para la soldadura por temperatura, con o sin la aplicación de presión, o por la aplicación de presión y solo con o sin el uso de material de relleno¹.

La aplicación del ensayo de doblez guiado se puede aplicar a todo tipo de soldaduras. En la tabla 2 se enuncian según la norma los principales tipos de soldadura por arco existentes caracterizadas por sus iniciales en inglés, en la norma AWS A3.0 se incluyen en una extensa lista la totalidad de los procesos de soldadura.

Electron gas welding	EGW	Soldadura de electrogas
flux cored arc welding	FCAW	soldadura por arco con núcleo de fundente
gas metal arc welding	GMAW	Soldadura de arco metálico con gas
pulsed gas metal arc welding	GMAW-P	Soldadura de arco metálico con gas
short circuit gas metal arc welding	GMAW-S	Soldadura de arco metálico con gas
gas tungsten arc welding	GTAW	Soldadura con arco de tungsteno y gas
magnetically impelled arc welding	MIAW	soldadura de arco magnéticamente impulsado
plasma arc welding	PAW	Soldadura por arco de plasma
shielded metal arc welding	SWAW	Soldadura de arco metálico protegido
submerged arc welding	SAW	Soldadura de arco sumergido
series submerged arc welding	SAW-S	Series de soldadura por arco sumergido

Tabla 2. Procesos de soldadura por arco eléctrico (tomado de AWS A3.0 2010, Standard Welding Terms and Definitions)

3.2. Ensayo de doblez guiado

Este ensayo proporciona un control de calidad que ayuda a determinar la ductilidad de la soldadura y la eficacia del proceso de soldadura. Durante el ensayo de doblado se aplica una carga en el punto central del material que contiene la soldadura, mientras que el resto de la muestra se apoya en los

¹ American Welding Society. AWS A3.0. Standard Welding Terms and Definitions. 2010.

extremos de la fijación. A continuación, se dobla la pieza 180°. La parte inferior de la muestra se inspecciona visualmente en busca de grietas o defectos.

Según la norma ASME sección IX hay tres tipos de pruebas de doblez guiado: doblez lateral, doblez de cara y de raíz transversal, doblez de cara y raíz longitudinal. La figura 5 muestra las probetas de doblez guiado transversal de cara y raíz en unión soldada típicas según la sección IX del código ASME Boiler and Pressure Vessel:2010 Adenda 2011:

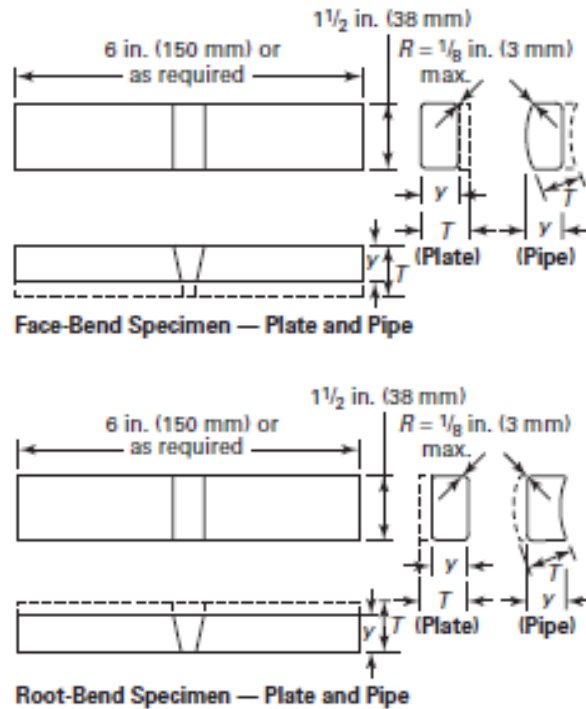


Fig. 5. Probetas para ensayo de doblez guiado en uniones soldadas – Doblez de cara y de raíz (Tomado del código ASME Boiler and Pressure Vessel 2010 Adenda 2011. American Society of Mechanical Engineers. Pág. 163)

Se prepararán especímenes para prueba de doblez guiado mediante el corte de placa o tubo de prueba para formar especímenes de sección recta aproximadamente rectangular. Las superficies de corte se designarán los lados del espécimen. Las otras dos superficies serán llamadas las superficies de cara y de raíz, la superficie de cara teniendo el mayor ancho de soldadura².

La norma ASME sección IX especifica las opciones del dispositivo con el cual serán dobladas las probetas soldadas. Como se muestra en la figura 6 y figura 7 la muestra será doblada a un radio B, dicha medida depende del número P del material el cual reúne grupos de materiales según sus propiedades químicas, mecánicas y soldabilidad; así mismo, depende del porcentaje de elongación del metal base y de el espesor de la probeta a ser ensayada por lo cual es necesario

² American Society of Mechanical Engineers. Boiler and Pressure Vessel Code. Section IX Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators. 2011.

Material	SI Units				
	Thickness of Specimen, mm	A, mm	B, mm	C, mm	D, mm
P-No. 23 to P-No. 21 through P-No. 25; P-No. 21 through P-No. 25 with F-No. 23; P-No. 35; any P-No. metal with F-No. 33, 36, or 37	3 $t = 3$ or less	50 $16\frac{1}{2}t$	25 $8\frac{1}{4}t$	57 $18\frac{1}{2}t + 1.6$	29 $9\frac{1}{4}t + 0.8$
P-No. 11; P-No.25 to P-No. 21 or P-No. 22 or P-No. 25	10 $t = 10$ or less	67 $6\frac{3}{5}t$	33 $3\frac{1}{5}t$	90 $8\frac{2}{5}t + 3.2$	45 $4\frac{1}{5}t + 1.6$
P-No. 51; P-No. 49	10 $t = 10$ or less	80 $8t$	40 $4t$	103 $10t + 3.2$	52 $5t + 1.6$
P-No. 52; P-No. 53; P-No. 61; P-No. 62	10 $t = 10$ or less	100 $10t$	50 $5t$	123 $12t + 3.2$	62 $6t + 1.6$
All others with greater than or equal to 20% elongation	10 $t = 10$ or less	40 $4t$	20 $2t$	63 $6t + 3.2$	32 $3t + 1.6$
Materials with 3% to less than 20% elongation	$t =$ [See Note (b)]	$32\frac{3}{4}t$ max.	$16\frac{7}{16}t$ max.	$A + 2t + 1.6$ max.	$\frac{1}{2}C + 0.8$ max.

Tabla 3. Dimensiones de JIG para ensayo de doblez guiado (tomado de ASME Boiler and Pressure Vessel 2010 Adenda 2011. American Society of Mechanical Engineers. Pág. 190)

Las dimensiones del dispositivo de prueba serán tales que le den al espécimen de prueba de doblez una elongación de fibra exterior de la muestra en un porcentaje calculado igual a por lo menos aquel del material base de la elongación mínima inferior que se da en la especificación del material base; según la fórmula (1) se calcula el porcentaje de elongación.

$$\text{elongacion de la fibra exterior en porcentaje} = \frac{100t}{A+t} \quad (1)$$

Para el espesor del espécimen se da la siguiente fórmula:

$$t = \frac{A \times \text{porcentaje de elongacion}}{[100 - (\text{porcentaje de elongacion})]}$$

El diseño y construcción del dispositivo debe seguir unos lineamientos también descritos por la norma, el diseño puede ser libre siempre y cuando se cumplan estos lineamientos, es necesario también hacer un ligero cambio al diseño descrito en la norma para una construcción mas sencilla, practica y económica, esto por supuesto sin afectar la rigidez del dispositivo o la calidad de la prueba.

3.3. Discontinuidades y defectos

Como resultado de las pruebas de doblez guiado o en general cualquier prueba mecánica destructiva se dan defectos discontinuidades o fallas, la norma AWS 3.0 define estos conceptos de la siguiente manera:

“Defecto: Una discontinuidad o discontinuidades que por naturaleza o el efecto acumulado de hacer una pieza o un producto no para cumplir con los estándares mínimos de aceptación o aplicables especificaciones.

Discontinuidad: Una interrupción de la estructura típica de un material, tal como una falta de homogeneidad en su características mecánicas, metalúrgicas, o física. Una discontinuidad no es necesariamente un defecto”³

3.4. Calificación de procedimiento y habilidad del soldador, según la prueba de dobléz.

La norma ASME sección IX especifica que observaciones se deben tener en cuenta a la hora de examinar los especímenes ensayados bajo la prueba de dobléz guiado, según la norma estos son los criterios de aceptación:

“-La soldadura y la zona afectada por el calor de un espécimen de dobléz transversal de soldadura, estará completamente dentro de la porción doblada del espécimen después de la prueba.

-Los especímenes de dobléz guiado nada habrán de tener de defectos abiertos en la soldadura o en la zona afectada por el calor que excedan de 1/8 pulg., medido en cualquier dirección sobre la superficie convexa del espécimen después del doblado. Los defectos abiertos que ocurran en las esquinas del espécimen durante la prueba no se tomarán en cuenta a menos que haya evidencia precisa de que ellos resultan por falta de fusión, inclusiones de escoria u otros defectos internos.

-Para recubrimientos de soldadura resistente a corrosión, cualquier defecto abierto que exceda de 1/16 pulg., medido en cualquier dirección, será permitido en el revestimiento; y nada de defectos abiertos, que excedan de 1/8 pulg., se permitirán en la línea de fusión.”⁴

3.5. Análisis estructural en ANSYS

ANSYS es un software de simulación para cálculos de ingeniería o CAE (Computer Aided Engineering). Está desarrollado para funcionar bajo la teoría de elementos finitos FEA (Finite Element Analysis) para estructuras y volúmenes finitos para fluidos. El objetivo general de este tipo de programas es predecir cómo funcionará y reaccionará físicamente determinado producto bajo un entorno real de funcionamiento.⁵

³ American Welding Society. AWS A3.0. Standard Welding Terms and Definitions. 2010.

⁴ American Society of Mechanical Engineers. Boiler and Pressure Vessel Code. Section IX Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators. 2011.

⁵ Adaptado de www.ansys.com (Página oficial del software)

El software está dividido en tres herramientas principales llamados módulos: pre-procesador (creación de geometría y mallado), procesador y post-procesador. Tanto el pre-procesador como el post-procesador están previstos de una interfaz gráfica. Este procesador de elemento finito para la solución de problemas mecánicos incluye: análisis de estructuras dinámicas y estáticas (ambas para problemas lineales y no-lineales), análisis de transferencia de calor y fluidodinámica, y también problemas acústicos y de electromagnetismo. Usualmente el uso de estas herramientas se utiliza simultáneamente logrando mezclar problemas de estructuras junto a problemas de transferencia de calor como un todo. Este software es usado también en ingeniería civil y eléctrica, física y química.

4. METODOLOGÍA

Durante el diseño y construcción del dispositivo para ensayo de doblez guiado se desarrollarán los siguientes pasos:

- 4.1. Investigación de los prototipos actuales utilizados para las pruebas de doblez guiado mediante la observación directa del ensayo en laboratorio y la recopilación de información que indique mecanismos de doblez diseñados anteriormente.
- 4.2. Diseño de posibles dispositivos que lleven a la implementación de una única opción. teniendo en cuenta el diseño CAD/CAE a través de Solid Works y ANSYS así como la realización de cálculos de resistencia de materiales, mecanismos de accionamiento, velocidades, desplazamientos y esfuerzos ejercidos sobre la pieza de ensayo.
- 4.3. Simulación de operación y comportamiento estructural del prototipo en el software CAD/CAE para verificación de funcionalidad y resistencia utilizando el método de elementos finitos inmerso en el programa ANSYS que como resultado nos mostrara las partes más afectadas por los esfuerzos en condiciones de funcionamiento reales permitiendo así el cambio en las dimensiones o la modificación en los materiales de fabricación hasta obtener el resultado deseado.
- 4.4. Estudio de costos de fabricación y operación del prototipo contra dispositivos utilizados tradicionalmente, esto se hará desarrollando un listado de gastos de la realización del proyecto y comparando contra el costo de dispositivos ya construidos por otras empresas.
- 4.5. Selección de materiales y procesos de mecanizado según los resultados de software, las consideraciones de la norma AWS A3.0 y también según los costos que pueda acarrear la fabricación según la resistencia de los materiales y calidad del mecanizado.
- 4.6. Construcción del prototipo, posteriormente al haber definido el diseño final, se realizara con recursos propios, maquinaria y materiales de nuestra propiedad.
- 4.7. Pruebas de realización de ensayo y verificación de correcta ejecución según la norma ASME sección IX con su respectiva variación dimensional, después de su construcción, verificando cada resultado y variando todas las medidas posibles para cada tipo de probeta, las probetas son aportadas por la empresa West Arco y serán la prueba de la correcta ejecución.

5. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Actividad / Mes-semana	Febrero 2014	Marzo 2014	Abril 2014	Mayo 2014	Junio 2014	Julio 2014
Consulta de la norma ASME o AWS para los lineamientos de diseño del dispositivo de doblez guiado	■					
Investigación de los prototipos actuales utilizados para las pruebas de doblez guiado.		■				
Diseños tentativos del prototipo y Simulación estructural en el software ANSYS		■	■	■		
Selección del prototipo funcional más adecuado			■			
Redacción del documento				■	■	
Estudio de costos de fabricación					■	
Selección de procesos de fabricación					■	
Construcción del dispositivo					■	■
Pruebas de realización de ensayo y verificación de correcta ejecución						■

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Descripción	Fuente de financiación	Costo
Material metálico fabricación dispositivo	Recursos propios / Apoyo empresarial	5.000.000
Mecanizado y proceso de fabricación del dispositivo.	Recursos propios	4.600.000
Costo de recurso humano según tiempo de diseño y fabricación.	Recursos propios	3.200.000
Software CAD/CAE Solid Works, ANSYS	Recursos disponibles en Universidad	Licencias 2.000.000 por equipo
Probetas de sacrificio para ensayo de doblez guiado en dispositivo construido	Apoyo empresarial	1.000.000
Accionamientos / motores (si aplica).	Recursos propios	800.000
Ensayos alternos para dimensionamiento y caracterización de probetas de doblez guiado.	Apoyo empresarial / Recursos propios	500.000
Transportes	Recursos propios	400.000
Sobrecostos e imprevistos	Recursos propios	600.000
	TOTAL	18.100.000

7. BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. Boiler and Pressure Vessel Code. Section IX: Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators. Nueva York. 2011. 292 págs.

AMERICAN WELDING SOCIETY A3.0. Standard Welding Terms and Definitions. Miami. 2009. 148 págs.

<http://www.instron.com.es>

www.ansys.com

http://www.stainelec.com.au/page_56.html

http://www.worldoftest.com/coldbendtester.htm#coldbend_2

http://www.bairoe.cn/china-cold_bending_test_machine-1822576.html