



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR (ES)

NOMBRES **MAICOL JONATHAN** APELLIDOS **OTERO CASTELLANOS**  
NOMBRES **JESÚS HERNANDO** APELLIDOS **SANABRIA PÉREZ**

FACULTAD: **INGENIERÍA**

PLAN DE  
ESTUDIOS: **INGENIERÍA MECÁNICA**

DIRECTOR:

NOMBRE

NOMBRES **JESÚS BETHSAID** APELLIDO **PEDROZA ROJAS**

TÍTULO DE

LA TESIS: **ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS**

**RESIDUALES EN CHAPAS SOLDADAS A TOPE PARA LOS ACEROS AISI  
1020 CD MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (MEF)**

### RESUMEN

Los objetivos del presente estudio son obtener la simulación numérica mediante el método de elementos finitos utilizando el programa ANSYS, pero principalmente determinar la variación numérica de la concentración de esfuerzos residuales a lo largo del cordón, en la soldadura a tope para el acero AISI 1020 CD., después se procedió a la realización del soldeo de varia chapas de este elemento con el objetivo de obtener las temperaturas en los respectivos cordones de soldadura, estas temperaturas obtenidas fueron utilizadas en la realización del modelo térmico y así determinar la incidencia del espesor en las tensiones del acero.

PALABRAS CLAVE: acero AISI 1020 CD, chapas, esfuerzos residuales, temperatura.

### CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS 136 PLANOS            ILUSTRACIONES            CD-ROM 1

ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS RESIDUALES EN CHAPAS  
SOLDADAS A TOPE PARA LOS ACEROS AISI 1020 CD MEDIANTE EL MÉTODO  
DE ELEMENTOS FINITOS (MEF)

MAICOL JONATHAN OTERO CASTELLANOS  
JESÚS HERNANDO SANABRIA PÉREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2013

ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS RESIDUALES EN CHAPAS  
SOLDADAS A TOPE PARA LOS ACEROS AISI 1020 CD MEDIANTE EL MÉTODO  
DE ELEMENTOS FINITOS (MEF)

MAICOL JONATHAN OTERO CASTELLANOS  
JESÚS HERNANDO SANABRIA PÉREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Director  
JESÚS BETHSAID PEDROZA ROJAS  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2013



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 31 DE ENERO DE 2013

HORA: 6:00 P.M.

LUGAR: SEMIPESADOS OF 202

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA MECANICA

Título de la Tesis: "ANÁLISIS DE CONCENTRACION DE ESFUERZOS RESIDUALES EN CHAPAS SOLDADAS A TOPE PARA LOS ACEROS AISI 1020 CD MEDIANTE EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS (MEF)."

Jurados: Ing. JHON ERICSON BARBOSA  
Ing. ISMAEL GARCIA  
Lc.. ALBERTO SARMIENTO

Director: Ing. JESUS BETHSAID PEDROZA ROJAS


Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
MAICOL JONATHAN OTERO CASTELLANOS	0123184	Cuatro, Cero	4.0
JESUS HERNANDO SANABRIA PEREZ	0123296	Cuatro, Cero	4.0

### APROBADA

  
Ing. JHON ERICSON BARBOSA

  
Ing. ISMAEL GARCIA.

  
Lic. ALBERTO SARMIENTO

  
Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCIA  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica

Primero que todo le agradezco Dios y a mis padres, CARMEN ALICIA PÉREZ DE SANABRIA y JORGE ALBERTO SANABRIA PÉREZ, por brindarme su apoyo incondicional y los valores necesarios para tener la fortaleza y la voluntad para cumplir este logro.

A mis hermanos, LADY JOHANNA SANABRIA PÉREZ y FERNANDO ALBERTO SANABRIA PÉREZ, a mi cuñado CESAR PÉREZ, que han estado a mí lado creyendo en mí, aportando confianza, alegría y generando un aliento para mi vida.

A mi compañero de proyecto MAICOL JONATHAN OTERO CASTELLANOS por haber permaneció conmigo en todo el desarrollo de este trabajo de grado y por haber aportado todos sus conocimientos y ayuda para cumplir dicho objetivo, nuestra amistad fue fundamental para culminar esta etapa de nuestras vidas.

A la Familia OTERO CASTELLANOS por haberme recibido en su casa en el desarrollo de este trabajo de grado.

A mis amigos, JUAN PABLO PAREDES GARCÍA y EDWARD JESÚS PEÑALOZA LEAL, DEIDRI BEATRIZ MALPICA MONTES que han estado conmigo en las buenas y en las malas, brindándome una verdadera amistad y un incondicional apoyo en el transcurso de la carrera.

JESÚS HERNANDO SANABRIA PÉREZ

A mi madre MARÍA ALICIA CASTELLANOS CHACÓN por brindarme su amor, por creer en mí y apoyarme a diario, este logro fue posible gracias a ti, por tal motivo digo con orgullo que yo soy quien soy hoy en día, es gracias al esfuerzo inagotable de una mujer luchadora, mamá este logro es por ti y para ti.

A mi padre ÁLVARO OTERO GÓMEZ por haberme dado su confianza, por guiar mi camino y por su incondicional apoyo a lo largo del transcurso de mi vida.

A mis hermanas JENNIFER CAROLINA OTERO CASTELLANOS y LEIDY KATHERINE OTERO CASTELLANOS junto a quienes he crecido, compartiendo risas y alegrías durante el trayecto de mi vida.

A mi compañero de tesis JESÚS HERNANDO SANABRIA PÉREZ, por brindarme su amistad, apoyo y colaboración durante el desarrollo de este proyecto.

A la familia SANABRIA PÉREZ, por abrirme las puertas de su casa y tratarme como un hijo más.

A mi amigo, JUAN PABLO PAREDES GARCÍA por brindarme su sincera amistad, por haber sido un gran compañero de estudio y por estar junto a mí hasta los últimos días de la carrera.

A MARÍA STHEFANY PICADO HIDALGO, por ser la mujer más especial que existe para mí en estos momentos, por ser la persona con el corazón más grande y hermoso que la vida me ha dado el honor de conocer. Tu amor y compañía es la evidencia que Dios aún existe.

MAICOL JONATHAN OTERO CASTELLANOS

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Ingeniero Mecánico Jesús Pedroza Rojas, por su enorme colaboración y gran aporte como director del proyecto, por ser un excelente docente y persona, por todas sus enseñanzas y consejos en nuestra formación como ingenieros mecánicos.

A los docentes de Ingeniería Mecánica, que nos han guiado en el transcurso de la carrera.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	21
1. EL PROBLEMA	22
1.1 TÍTULO	22
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 Objetivo general	23
1.5.2 Objetivos específicos	23
1.6 DELIMITACIONES.	24
1.6.1 Delimitaciones espaciales	24
1.6.2 Delimitación temporal	24
1.6.3 Delimitación conceptual	24
2. REFERENTES TEÓRICOS	26
2.1 ANTECEDENTES	26
2.2 MARCO TEÓRICO	28
2.2.1 Soldadura	28
2.2.2 Electrodo	34
2.2.3 Distribución de la temperatura	35
2.2.4 Esfuerzos residuales	40



2.2.5 Concentración de esfuerzos	52
2.2.6 Medición de las temperaturas	53
2.2.7 Método de elementos finitos	53
2.3 MARCO LEGAL	59
3. DISEÑO METODOLÓGICO	60
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	60
3.2 FUENTES DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	60
4. GENERALIDADES DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS	61
4.1 PREPARACIÓN DE LA PROBETA	61
4.1.1 Dimensiones de las probetas	61
4.1.2 Características de las chapas usadas para la construcción de las probetas	62
4.1.3 Características del proceso de soldadura	62
4.1.4 Soldadura eléctrica por arco eléctrico (SMAW)	62
4.1.5 Selección del electrodo	62
4.1.6 Característica del electrodo seleccionado	63
4.1.7 Selección del diámetro del electrodo, intensidad de corriente, energía absorbida y consumo de electrodos	64
4.1.8. Descripción de la prueba experimental para la toma de temperaturas en el proceso de soldadura	65
4.1.9 Registro de valores de temperatura de enfriamiento	67
4.2 SIMULACIÓN NUMÉRICA	67
4.3 MODELAMIENTO GEOMÉTRICO	68
4.4 MODELO TÉRMICO	68
4.4.1 Tipo de elemento usado en el modelamiento térmico	68

4.4.2 Propiedades utilizadas en el modelo térmico	69
4.5 MALLADO DEL MODELO	71
4.5.1 Refinamiento del enmallado	71
4.6 TIPO DE ANÁLISIS	72
4.7 CONDICIONES INICIALES	72
4.8 APLICACIÓN DE TEMPERATURA	72
4.8.1 Aplicación de las temperaturas en los cordones de soldadura	72
4.8.2 Condiciones de borde o contorno térmicas	73
4.8.3 Solución en el campo de temperaturas	77
4.8.4 Resultados	77
4.9 MODELO ESTRUCTURAL	81
4.9.1 Tipo de elemento usado en el modelamiento estructural	82
4.9.2 Propiedades del material utilizadas en el modelo estructural	82
4.9.3 Condiciones de borde o contorno estructurales	83
4.9.4 Solución en el campo estructural	83
5 DETERMINACIÓN NUMÉRICA	86
5.1 AJUSTE DE CURVAS	92
5.2 ANÁLISIS NUMÉRICO EN EL PRIMER CORDÓN DE SOLDADURA	93
5.3 ANÁLISIS NUMÉRICO EN EL SEGUNDO CORDÓN DE SOLDADURA	103
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES	118
6.1 ANÁLISIS TÉRMICO	118
6.2 CICLO TÉRMICO DE SOLDEO	119
6.3 CICLO TÉRMICO DE ENFRIAMIENTO	121

6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL	122
6.5 ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN NUMÉRICA	123
6.5.1 Discusiones térmicas y estructurales	123
7. CONCLUSIONES	125
8. RECOMENDACIONES	126
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXOS	129