



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

REACONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS PARA MÁQUINA TROQUELADORA UTILIZADA EN EL CORTE DE LÁMINA

Daniel Roberto Aldana Veliz

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REACONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS PARA MÁQUINA
TROQUELADORA UTILIZADA EN EL CORTE DE LÁMINA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DANIEL ROBERTO ALDANA VELIZ

ASESORADO POR EL ING. HUGO LEONEL RAMÍREZ ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

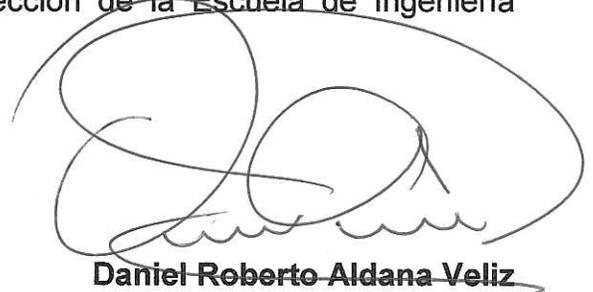
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Sanabria Solchaga
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

RECONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS PARA MÁQUINA TROQUELADORA UTILIZADA EN EL CORTE DE LÁMINA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 12 de abril de 2013.



Daniel Roberto Aldana Veliz

Guatemala, 19 de Septiembre de 2013



Ingeniero Julio Campos
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Julio Campos:

Por este medio le informo que he revisado el informe final del trabajo de graduación llamado: **“REACONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS PARA MÁQUINA TROQUELADORA, UTILIZADA EN EL CORTE DE LÁMINA”**, del estudiante **Daniel Roberto Aldana Veliz**.

Estando de acuerdo con el contenido del mismo.

Atentamente,

Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz

Colegiado No. 5545

Ing. Hugo Ramírez
COL. No. 5545

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado REACONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS PARA MÁQUINA TROQUELADORA UTILIZADA EN EL CORTE DE LÁMINA, del estudiante **Daniel Roberto Aldana Veliz**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, octubre, de 2013.

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado REACONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS PARA MÁQUINA TROQUELADORA UTILIZADA EN EL CORTE DE LÁMINA, del estudiante **Daniel Roberto Aldana Veliz**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz

DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2013.

JCCP/behdei

Universidad de San Carlos
de Guatemala

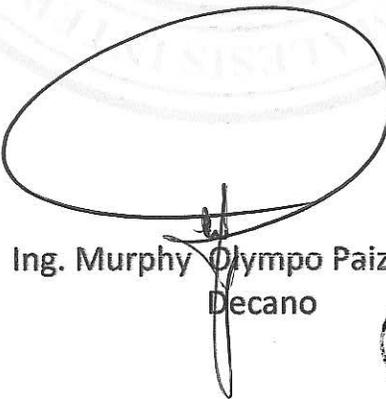


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG.742.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **RECONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS PARA MÁQUINA TROQUELADORA UTILIZADA EN EL CORTE DE LÁMINA**, presentado por el estudiante universitario: **Daniel Roberto Aldana Veliz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 24 de octubre de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser lo más importante en mi vida.
Mis padres	Daniel de Jesús Aldana Castellanos y Floridalma Veliz de Aldana. Su ejemplo y amor incondicional.
Mi esposa	Eunice López de Aldana. Por su amor y apoyo en mi carrera.
Mis hermanos	Luis Alberto Aldana Veliz y José Julio Aldana Veliz. Por ser cómplices de todos mis logros
Mis amigos	Por su apoyo y cariño incondicional.
Mis catedráticos	Por su ejemplo y enseñanzas a lo largo de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> , dándome la oportunidad de estudiar en ella.
Facultad de Ingeniería	Por ser un lugar donde pase unos de los mejores momentos de mi vida.
Mis amigos de la Facultad	Por ser parte de este tiempo de estudios.
Mis catedráticos	Ing. Hugo Leonel Ramírez, Ing. Carlos Pérez, Ing. Julio César Paiz, por sus consejos y enseñanzas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación del trabajo	2
1.4. Alcance del trabajo	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Aspectos técnicos.....	5
2.2. Prensas	5
2.2.1. Prensas hidráulicas	8
2.2.2. Prensas mecánicas	10
2.2.3. Prensas rotativas	11
2.3. Prensas de corte	12
2.4. Chumaceras	13
2.4.1. Clasificación de tejas	14
2.4.2. Fundición	16
2.4.2.1. Etapas del proceso	20
2.4.2.1.1. Modelo a fundir.....	21

2.4.3.	Variantes en la fundición	21
2.5.	Hierro fundido.....	21
2.5.1.	Tipos de hierro fundido.....	22
2.5.1.1.	Hierro fundido blanco	23
2.5.1.2.	Hierro fundido maleable	23
2.5.1.3.	Hierros fundido gris	26
2.5.1.3.1.	Tratamiento térmico en hierro gris	27
2.5.1.3.2.	Propiedades mecánicas y aplicaciones del hierro fundido	30
2.5.1.4.	Hierro fundido nodular	31
2.5.1.5.	Hierros fundidos aleados.....	32
3.	TRABAJO PROPUESTO	35
3.1.	Información disponible	35
3.1.1.	Información documental	35
3.1.1.1.	Soldadura	35
3.1.1.2.	Clasificación de tipos de soldadura	36
3.1.1.3.	Tipos de fallas	58
3.1.2.	Información testimonial.....	59
3.1.3.	Fabricantes especializados	59
3.2.	Lineamientos metodológicos	60
3.2.1.	Componentes	60
4.	TÉCNICAS PARA REACONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS.....	63
4.1.	Tipos de falla.....	64
4.1.1.	Fractura.....	64

4.2.	Procedimiento de reacondicionamiento.....	65
4.2.1.	Electrodo a utilizar	75
4.3.	Chumaceras reforzadas	77
4.4.	Procedimiento de reacondicionamiento de chumacera	78
5.	RESULTADOS	83
5.1.	Tablas de costos	83
5.2.	Análisis de costos.....	85
5.3.	Discusión de resultados.....	87
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Prensa mecánica Clearing de 200 toneladas	7
2.	Partes de prensa	12
3.	Clasificación de procesos de soldadura	39
4.	Partes de soldadura oxiacetileno	42
5.	Soldadura por arco eléctrico	43
6.	Partes de soldadura de arco eléctrico	44
7.	Soldadura de arco eléctrico.....	47
8.	Soldadura TIG	48
9.	Soldadura MIG y MAG	49
10.	Soldadura aluminotérmica o con termita	50
11.	Proceso de soldadura radiante	52
12.	Soldadura por resistencia eléctrica por puntos	54
13.	Soldadura por puntos múltiples	55
14.	Soldadura por costura	56
15.	Soldadura por resistencia eléctrica a tope	57
16.	Soldadura a tope con gases.....	57
17.	Pieza fracturada a trabajar	64
18.	Biselado de chumacera.....	69
19.	Soldadura de bisel.....	71
20.	Forma de aplicar los cordones de soldadura	73
21.	Pieza reacondicionada terminada	77
22.	Chumacera reforzada.....	78
23.	Proceso de reacondicionamiento de chumacera	81

24.	Análisis de costos-beneficios	85
-----	-------------------------------------	----

TABLAS

I.	Rango de velocidad de las prensas	10
II.	Componentes y porcentajes de una composición adecuada	24
III.	Componentes de hierro fundido en proceso de corazón negro	25
IV.	Componentes de hierro fundido con proceso de corazón blanco	25
V.	Características de gases en proceso de soldadura	41
VI.	Preparación de biseles dependiendo de las características del material base	66
VII.	Uniones más usuales en el trabajo de soldadura manual	68
VIII.	Selección de los procesos de soldadura	70
IX.	Soldadura de fusión	72
X.	Espesor y consumo de electrodo para piezas con bisel x	74
XI.	Datos generales de electrodo	76
XII.	Costo de chumacera nueva	83
XIII.	Costo de reacondicionamiento de chumaceras	83
XIV.	Costo de chumacera reforzada	84
XV.	Costo-beneficio de chumacera reacondicionada	86
XVI.	Costo-beneficio de chumacera reforzada	87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados.
°f	Grados Fahrenheit.
lb	Libras.
psi	Libras/pul ² .
mpa	Megapascales.
mm	Milímetro.

GLOSARIO

Antifricción (<i>Babbitt</i>)	Revestimiento que se utiliza en la superficie de algunas piezas para disminuir la fuerza de fricción entre el eje y la chumacera.
AWS/ASME	Asociación Americana de Soldadura/ Asociación Americana de ingenieros Mecánicos.
Biselado	Corte que se realiza en las orillas dañadas, las cuales serán unidas por soldadura.
Chumacera	Pieza de metal con una muesca donde descansa y gira un eje.
Ductibilidad	Es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse.
Electrodo	Varilla metálica, de un material aproximado al que se desea soldar, recubierta con una sustancia que recibe el nombre de revestimiento.
Fisuración	Efecto que sufre una pieza al ser sometida a distintos esfuerzos.

Fundición	Fabricación de piezas por medio de fundir un material e introducirlo en moldes.
Hipoeutéctica	Hace referencia a la concentración de carbono de la fundición. La concentración eutéctica tiene un carbono de aproximadamente 4,3 % (dependiendo de otros elementos aleantes puede estar por debajo o por encima).
Maquinabilidad	Puede llamarse como el mejor manejo de los materiales y la facilidad con la que pueden ser cortados con una máquina de corte, o moldeados por otra máquina.
Reacondicionamiento	Es el proceso de mantenimiento o menor reparación de un objeto, sea estéticamente o mecánicamente.
Soldabilidad	Aptitud de un metal para conservar sus características iniciales en las partes afectadas, metalúrgica o técnicamente, por la operación de soldadura.
Soldadura	Proceso de fabricación donde dos materiales son unidos por medio de una fundición en donde un tercer material se encarga de realizar la unión por medio de la fundición.

Turbomáquina

Es una máquina cuyo elemento principal es un rodete (rotor giratorio) a través del cual pasa un fluido de forma continua, cambiando éste su cantidad de movimiento por acción de la máquina.

Variadores

Dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

RESUMEN

En el presente trabajo se muestran los tipos de prensas que actualmente se utilizan en la industria y varían dependiendo de las necesidades de la empresa. Las prensas que utilizan chumaceras son utilizadas para soportar el peso del eje y controlar el movimiento por las fuerzas desbalanceadas, aerodinámicas, excitaciones externas, donde su uso es fundamental al momento de que una gran máquina ejerce su trabajo.

Las fallas en este tipo de chumaceras son comunes debido a las fuerzas externas que son ejercidas en el eje de la máquina, provocando fisuras y cuando las condiciones son extremas, graves fracturas. Actualmente se ha utilizado el reacondicionamiento de las chumaceras, el proceso a utilizar es aplicación de soldadura donde se toma en cuenta las características de la chumacera, escogiendo materiales adecuados para el proceso.

Los puntos a tomar en cuenta son el tipo de proceso de soldadura, tipo de electrodo a utilizar, diseño de biselado, características del soldador, aplicación adecuada de la soldadura, evitando imperfecciones en la soldadura, conjuntamente se dio una opción de fabricar una chumacera con refuerzo.

Se realizó un análisis de costos reflejando la importancia del reacondicionamiento en cuestiones financieras, demostrando que este proceso disminuye los tiempos de paro de una maquina así como también los costos de mantenimiento en un 63 % en este tipo de trabajos.

OBJETIVOS

General

Propuesta de reacondicionamiento de chumacera para máquina utilizada en el corte de lámina.

Específicos

1. Establecer un reacondicionamiento haciendo uso de materiales de ingeniería que permita aumentar el tiempo de vida las chumaceras.
2. Proponer nuevas formas de reacondicionamiento en piezas de hierro fundido.
3. Documentar la información necesaria que permita mejorar un modelo de chumacera.
4. Realizar un análisis de costos comparando los beneficios del reacondicionamiento de chumaceras, con la fabricación de una chumacera nueva.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las chumaceras son muy importantes en las empresas que utilizan los distintos tipos de prensas Clearing y otras marcas, ya que la mayoría en su funcionamiento cuentan con ellas, esta maquinaria regularmente es fundamental para la producción, por lo que la detención de la misma se ve reflejado en los estados financieros, por lo que se deben disminuir los tiempos y costos en el reacondicionamiento de chumaceras.

Con el presente trabajo de graduación, se pretende desarrollar un reacondicionamiento de chumaceras y con ello utilizar métodos y herramientas modernas, propias de la ingeniería mecánica. La alta demanda y necesidad de disminuir tiempos de paro de maquinaria al menor costo, hace necesario realizar el reacondicionamiento de estas, piezas fundamentales.

Este trabajo de graduación está compuesto de cinco capítulos. El capítulo uno muestra la generalidades, justificación y alcance del problema; el capítulo dos muestra el marco teórico donde se muestran características y principios de las prensas y fundiciones de chumaceras; el capítulo tres muestra los lineamientos metodológicos que se utilizarán, en el capítulo cuatro se toma en cuenta el diseño y análisis necesario para realizar el reacondicionamiento de la chumacera.

En el capítulo cinco se analizan las ventajas en términos financieros comparando el reacondicionamiento de la chumacera, con la fabricación de una chumacera nueva, donde se puede ver reflejado en los costos anuales de la empresa.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Generalidades

Las prensas, conocidas desde la antigüedad, son empleadas prácticamente en todas las industrias, utilizadas para actuar sobre muy distintos materiales, en frío o en caliente, en cualquier operación de la industria que requiera presión. Industrias que van desde el acero, plásticos, alimentaria, etc. Incluso refiriéndose a la industria metalúrgica, su amplia variedad permite numerosos sistemas de clasificación:

- De acuerdo a sus elementos activos (prensas de simple, doble o triple efecto)
- Por la forma de accionarse (de palanca, de excéntrica, de fricción, de tornillo)
- Dependiendo de la posición de las guías (verticales, horizontales, inclinadas)
- Según el agente motor (manuales, de gravedad, de motor)
- Dependiendo del accionamiento (mecánicas, hidráulicas, neumáticas)

La prensa básica es la respuesta de la era de las máquinas, como sucesora de la herrería de mano, para llegar al estado actual de la tecnología del prensado ha sido necesario aplicar, combinar y desarrollar técnicas muy

diversas, fundamentos teóricos muy distantes y aportaciones individuales muy numerosas, debido a la cantidad de variantes que generaron la prensa actual, los equipos de trabajo de mano aun son utilizados en la industria mundial.

1.2. Planteamiento del problema

Bajo los conceptos de diseño actuales de chumaceras disponibles en el mercado, uno de los principales problemas que se reportan, es la presencia de fallas, algunas son por desgaste, fractura, fluencia del material, fatiga de sus componentes.

Por tal motivo es necesario estudiar y comprobar que el uso de otros materiales existentes en el mercado, como lo es el hierro fundido en la fabricación de chumaceras, esto se debe analizar y comprobar si alarga la vida de las chumaceras si presencia de fallas.

Debido a las fallas mencionadas las empresas deben contar con programas de mantenimiento para reducir tiempos de paro en procesos de producción, por lo que se han debido mejorar los materiales y diseños de las piezas de maquinaria.

1.3. Justificación del trabajo

Las chumaceras desarrollan un papel importante en el funcionamiento de las máquinas, pero si las mismas presentan fallas constantes produce importantes pérdidas en tiempo y alcance de metas en producción, por lo cual es necesario y valioso desarrollar mecanismo que contribuyan a disminuir fallos y alargar la vida útil de las mismas.

Con el reacondicionamiento de las chumaceras se logrará aumentar el tiempo de trabajo de las mismas en un 50 %, mejorando los tiempos de paro de maquinaria, disminuyendo la frecuencia con que se mandan a fabricar, así también, reduciendo los costos para la industria, con lo cual se pueden hacer más eficientes los tiempos de producción logrando mayores objetivos en un menor tiempo.

El trabajo de graduación que se plantea contará con los pasos a seguir en el reacondicionamiento de chumaceras para máquina troqueladora Clearing de 200 toneladas, utilizada en el corte de lámina.

1.4. Alcance del trabajo

Con el reacondicionamiento de las chumaceras se logrará obtener un aumento en el tiempo de vida útil sin presencia de fallas, reducir el gasto por mantenimiento de dichas piezas y en el tiempo de paro de las máquinas, mejorar el funcionamiento de la prensa mecánica. Además de mejorar el tiempo de producción, haciendo más eficiente el proceso de producción alcanzando las metas en menor tiempo.

A través de la investigación se busca establecer el ahorro en la implementación del reacondicionamiento de las chumaceras utilizando hierro fundido, así como con la información generada se analizarán los beneficios y posibles problemas que causarían, esta implementación.

Se buscará también documentar el proceso de fabricación de una chumacera de hierro fundido, lo cual generará el conocimiento de este proceso de lo cual no se dispone información explícita del tema, con lo que se busca propiciar la investigación del tema para futuras propuestas y proyectos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos técnicos

Las máquinas que solo aplican presión se llaman: Prensas y en estas se utilizan diversos mecanismos, a fin de producir la fuerza necesaria para su funcionamiento. El mecanismo de una prensa utilizada para doblar puede ser muy similar al de una prensa para forja; pero se necesita alguna adaptación especializada.

2.2. Prensas

La prensa es una máquina herramienta que tiene como finalidad lograr la deformación permanente o incluso cortar un determinado material, mediante la aplicación de una carga.

Algunos tipos de prensa como las de acción simple con armadura en C, son ajustados mediante un motor eléctrico, se transmiten al pistón mediante una manivela y una barra de conexión, existen prensas para trabajo pesado se utilizan una excéntrica en lugar de la manivela. La armadura de la prensa está hecha en fundición de hierro y además de su masa, cuenta con barras de sujeción en acero que brindan un apoyo adicional cuyo objetivo es evitar desviaciones e incluso grietas, en caso de que la prensa resulte accidentalmente sobrecargada. Mediante un embrague se hace que el volante quede acoplado al cigüeñal, cuando se requiere que la prensa entre en operación; este embrague puede disponerse a manera de que quede suelto cuando el cigüeñal ha llevado a cabo una revolución y el pistón ha alcanzado la

parte más elevada de su carrera, contándose también con un corte que impide que dicha carrera sea excedida. El perforado y formado como segunda operación, generalmente debe ser situado a mano en el dado, y en tal caso es necesario operar el embrague cada vez que se requiere que el embolo realice una carrera.

En general la aplicación creciente de las prensas en la producción masiva, es una de las causas que han hecho posible la producción y popularidad de muchos objetos de uso diario y de lujo que actualmente se consideran de uso normal.

Con el uso de una prensa de gran tamaño con la cual de un solo golpe se obtiene por ejemplo, el techo de un automóvil, cuya forma puede ser sencilla, a pesar de la importancia del trabajo efectuado y de la velocidad de la operación, la prensa es capaz de producir piezas semejantes cada 12 segundos.

Para la producción masiva, las prensas son cada vez más utilizadas, sustituyendo a otras máquinas. Además, con una buena operación y calidad de la prensa, se pueden obtener productos de mucha homogeneidad, con diferencias de acabado entre unas y otras piezas de 0,002" y aun menos, lo cual es una buena tolerancia hasta para piezas maquinadas.

Por otro lado una de las ventajas del uso de las prensas es la economía en su uso, lo cual estriba fundamentalmente en el número de piezas que se produzcan. Si se utiliza un equipo costoso para producir piezas no es rentable, pero cuando se produzcan 100 000 o un millón de piezas, se puede justificar la fabricación o compra de un dado costoso, ya que este se amortiza a través de un elevado número de unidades. Hay prensas que pueden producir 600 piezas por minuto o más.

Figura 1. Prensa mecánica Clearing de 200 toneladas



Fuente: <http://www.solostocks.com.co/venta-productos/otra-maquinaria/troqueladora-clearing-200-ton-813796>. [Consulta: 10 de septiembre 2013].

El trabajo se vuelve más simple y fácil para el operario que controla la pieza y ve transformarse el pedazo de lámina en una pieza terminada en pocos segundos y en una sola operación, y las herramientas o dados bien utilizados le llegarán a parecerán muy sencillos.

El avance en la técnica de fabricación con prensas, está estrechamente relacionado al progreso de las técnicas de laminación de metales, que ha permitido obtener láminas y soleras de diferentes metales cada día más uniformes, con técnicas de fabricación más sencillas y tolerancias cada vez menores. En el diseño de prensas y dados hay mucho trabajo experimental, mucho más de lo necesario normalmente en otras industrias.

2.2.1. Prensas hidráulicas

Las prensas más modernas son hidráulicas, esto se debe a que se ha ido reduciendo el uso de vapor como fuerza motriz y a los perfeccionamientos en los sistemas hidráulicos, que permiten más adaptabilidad, controles más fáciles y sistemas generadores de potencia mucho menos complicados.

Las prensas hidráulicas funcionan a velocidad constante y están limitadas por la carga o restringidas por la carga. En otras palabras la prensa se detiene si la carga requerida es mayor que su capacidad. Se transfiere una gran cantidad de energía a la pieza, mediante una carga constante durante una carrera, cuya velocidad se puede controlar.

Una prensa hidráulica es un mecanismo conformado por vasos comunicantes impulsados por pistones de diferente área, que mediante pequeñas fuerzas, permite obtener otras mayores. El uso de varios cilindros hidráulicos permite la aplicación de fuerzas en el martinete en varios puntos, y proveen de la fuerza y ritmo necesario al soporte de discos. Los pistones son llamados pistones de agua, ya que son hidráulicos. Estos hacen funcionar conjuntamente a las prensas hidráulicas por medio de motores. Las prensas hidráulicas son producidas en varios tipos y tamaños. Debido a que pueden proveerse casi de capacidad ilimitada, la mayoría de las prensas más grandes

son de este tipo, las prensas hidráulicas pueden ser utilizadas para; impacto, presión o ambos.

Pueden controlarse desde tableros de control remoto o con controles de prensa. El mecanismo se puede operar con interruptores eléctricos o controles mecánicos, aunque la mayoría de las prensas hidráulicas se controlan con interruptores eléctricos.

El rendimiento de la prensa hidráulica guarda similitudes con el de la palanca, pues se obtienen presiones mayores que las ejercidas pero se aminora la velocidad y la longitud de desplazamiento, en similar proporción.

Una prensa hidráulica consiste, normalmente en marco de carga con dos o cuatro columnas, pistones cilindros, arietes y bombas hidráulicas impulsadas por motores eléctricos.

Las capacidades de presión llegan a 125 MN (14 000 toneladas) para forjado con dado abierto y hasta 450 MN (15 000 toneladas).

En comparación con las prensas mecánicas, las hidráulicas son más lentas e implican mayor costo inicial pero requieren menos mantenimiento. Las prensas hidráulicas de alta velocidad proporcionan más de 600 golpes por minuto, y se utilizan para operaciones de corte de alta velocidad.

Tabla I. **Rango de velocidad de las prensas**

Equipo	m/s
Prensa hidráulica	0,06-0,30
Prensa mecánica	0,06-1,5
Prensa de tornillo	0,6-1,2

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Prensas mecánicas

Prensa mecánica o prensadora, es una máquina que acumula energía mediante un volante de inercia y la transmite mecánicamente a un troquel o matriz, mediante un sistema de biela-manivela accionada por medio de un motor eléctrico.

La fuerza generada por la prensa varía a lo largo de su recorrido en función del ángulo de aplicación de la fuerza. Cuanto más próximo esté el punto de aplicación al PMI (Punto Muerto Inferior) mayor será la fuerza, siendo en este punto (PMI) teóricamente infinita. Como estándar más aceptado, los fabricantes proporcionan como punto de fuerza en la prensa de reducción por engranajes 30° y en las prensas de volante directo 20° del PMI.

Ha de tenerse en cuenta que la fuerza total indicada por los fabricantes, se refiere a la proporcionada en funcionamiento "golpe a golpe", es decir, embragando y desembragando cada vez, para funcionamiento continuo (embragado permanente) ha de considerarse una reducción de fuerza aproximada del 20 %. La necesidad de flexibilizar los procesos y automatizarlos ha hecho que se adopten en estas máquinas, los convertidores de frecuencia

(variadores de velocidad) y debe tenerse en cuenta que las variaciones de velocidad afectan a la fuerza suministrada.

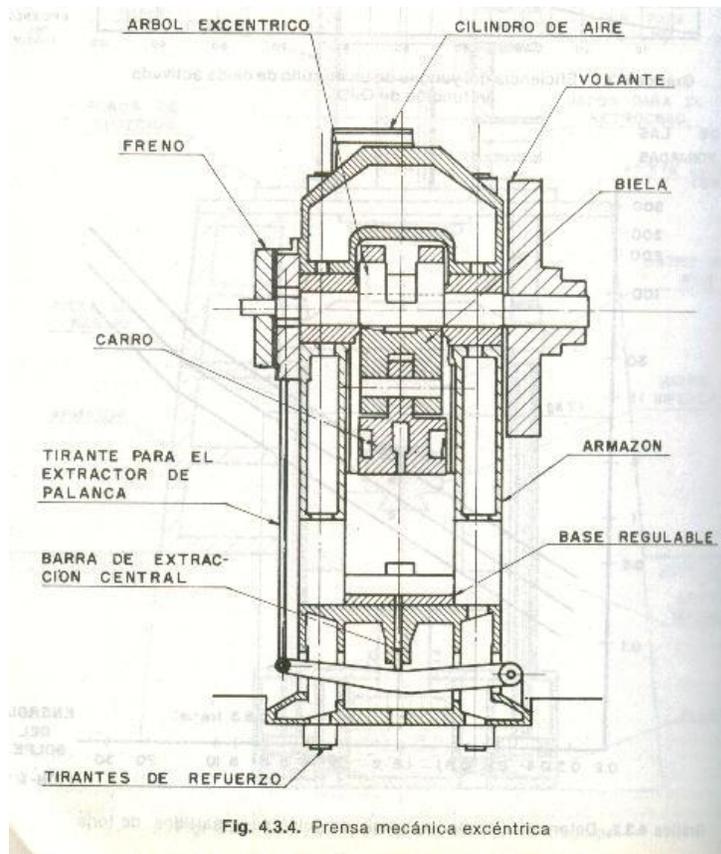
2.2.3. Prensas rotativas

. Una rotativa (impresora rotativa o prensa rotativa) es una máquina de impresión en la que las imágenes a imprimir se curvan sobre un cilindro. La impresión puede efectuarse sobre gran número de sustratos, incluyendo papel, cartón y plástico, que pueden alimentarse por folios o mediante un rollo continuo.

La rotativa imprime y además puede modificar el sustrato mediante troquelados, barnizados de sobreimpresión o relieve. El rodillo rotativo de impresión fue inventado por Richard March Hoe en 1843 y mejorado luego por William Bullock.

Las presas rotativas en su mayoría, están destinadas a la impresión de prensa escrita y otros medios de comunicación escritos, caracterizadas por su gran paginación, tirajes elevados y gran velocidad.

Figura 2. Partes de prensa



Fuente: http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/portal/Polilibros/P_terminados/procmanuf-p-admon-Malpica/32.htm. [Consulta: 15 de agosto del 2013].

2.3. Prensas de corte

Las prensas de corte llevan al material a un esfuerzo más allá de su resistencia última al corte. Las prensas de doblado y embutido emplean una fuerza que produce un esfuerzo intermedio entre el límite elástico, que debe ser excedido, y la resistencia última que no debe de sobrepasarse, por lo que la dureza y el endurecimiento de los metales son de especial importancia para el trabajo de las prensas.

2.4. Chumaceras

La chumacera es una pieza de acero o de hierro fundido formada por dos mitades unidas entre sí con tornillos guías. La chumacera en su superficie cilíndrica interior, posee un revestimiento de metal antifricción (*Babbitt*), para disminuir la fuerza de fricción entre el eje y la chumacera.

Casi toda máquina industrial pesada utiliza algún tipo de chumaceras de película fluida, para soportar el peso del eje y controlar el movimiento causado por las fuerzas desbalanceadas, fuerzas aerodinámicas y excitaciones externas de los sellos y acoples. Las dos principales ventajas de las chumaceras de película fluida sobre los cojinetes de elementos rodantes, son su superior capacidad para absorber energía, para amortiguar vibraciones y su longevidad, debido a la ausencia de esfuerzos de contacto rodante. La amortiguación es muy importante en muchos tipos de máquinas rotativas donde las chumaceras de película fluida, son a menudo la principal fuente de absorción de energía necesaria para controlar las vibraciones.

Las chumaceras de geometría fija difieren de las chumaceras de dados pivotados en que las de geometría fija no tienen partes móviles, haciendo los lóbulos o arcos estacionarios alrededor del eje. Abajo se ilustra una vista esquemática del perfil de presión y la excentricidad del eje en una chumacera radial de dos ranuras axiales, operando bajo una carga del eje estable hacia abajo. En la figura, la rotación del eje es en sentido contrario al reloj. El perfil de presión hidrodinámico generado es sobre puesto a lo largo del arco cargado inferior. El espesor mínimo de película y la distancia de descentre del eje (excentricidad del eje) se denominan como h (min) y "e", respectivamente.

A medida que el eje es forzado desde su posición centrada por la carga hacia abajo, la holgura de la chumacera se convierte en una cuña convergente – divergente. El aceite es suministrado a través dos ranuras axiales, localizadas diametralmente opuestas una de la otra en la línea de división horizontal. Después de entrar, el aceite es conducido por la fricción del eje dentro de la holgura radial convergente, donde es comprimido a una presión mucho mayor, dando a la chumacera capacidad de soportar la carga. Obsérvese que el eje no se mueve verticalmente hacia abajo bajo la carga vertical, sino que también, se mueve en la dirección (X positiva) horizontal. Esto es debido a los efectos de fuerzas cruzadas que son inherentes a las chumaceras radiales de geometría fija. Estos efectos pueden contribuir a inestabilidad rotodinámica en algunas aplicaciones.

Se han desarrollado varios diseños de chumaceras de geometría fija para satisfacer las necesidades de funcionamiento específicas de algunos equipos.

2.4.1. Clasificación de tejas

La mayoría de la maquinaria industrial utiliza algún tipo de tejas, donde pueden variar dependiendo del uso de la máquina, dentro de las utilizadas se encuentran, teja radial plana, ranuras axiales, elípticas, lóbulos múltiples, dique de presión.

- Radial plana

Este tipo de chumaceras es el más común donde el eje encerrado totalmente por una cubierta cilíndrica plana, en el diseño no existe precarga debido a que la chumacera es concéntrica con la superficie del

eje, estas chumaceras son las más desestabilizantes rotodinámicamente de todos los diseños, debido a que tiene la copla mas cruzada de todas; se utilizan en su mayoría en diseño de maquinaria con bajas revoluciones, con alto grado de carga sobre el eje, el cual no está bajo inestabilidad rotodinámica, son mayormente utilizados en cigüeñales, turbomaquinaria con alto grado de carga y en muchas otras aplicaciones.

- Con ranuras axiales

Estas chumaceras son parecidas a las chumaceras planas, con la diferencia de que tienen dos o más ranuras adicionales para el suministro de lubricación, otro parecido es que no existe precarga y tiende a la inestabilidad, son de costo bajo y fácil fabricación, son utilizados en varios tipos de maquinaria comercial como por ejemplo turbinas, generadores, motores, bombas, compresores, prensas, etc.

- Elípticas

Este diseño es una variación de las chumaceras de ranura, en éstas la holgura se reduce en la dirección vertical para generar precarga y mejorar la estabilidad, debido a que aun forma esfuerzos de cupla cruzada aun forma inestabilidad y no es suficiente para eliminar el giro del rotor, estas chumaceras se utilizan en maquinaria pesada que necesita alto grado de estabilidad.

- De lóbulos múltiples

Estas chumaceras son maquinadas con diámetros mayores a la tolerancia diametral del eje creando una precarga, lo cual aumenta la estabilidad sobre el eje aumenta la capacidad de carga. Pueden ser bidimensionales y unidireccionales, dependiendo de si los lóbulos tienen simetría (desfase de 0,5) o simetría (desfase >0,5). Son de alto costo de fabricación y difícil de maquinar debido al alto grado de precisión en el maquinado. Comúnmente se usan en máquinas pequeñas, de alta velocidad que requieren alta capacidad de carga o alta estabilidad.

- Dique de presión

Esta chumacera es de geometría fija, muy útil para mejorar la estabilidad del sistema, tiene un borde o dique donde se crea un pico de presión debido a los efectos de inercia del fluido, creando un esfuerzo sobre el eje generando una mayor excentricidad, la cual mejora la estabilidad debido a la asimetría que se induce en la rigidez y amortiguación. Por su diseño generan pérdidas de potencia debido a la carga que generan. No son adecuadas para aplicaciones donde hay cambios en la dirección de la carga, porque la mitad superior está maquinada con el dique.

2.4.2. Fundición

En este proceso se refiere a la fabricación de piezas de metal, a través de del vertido de metal fundido sobre un molde hueco, que generalmente es fabricado en arena. La fundición es un arte antiguo que aun se practica en la actualidad, aunque se ha logrado otro tipo de fundición que ha logrado desplazar la fundición tradicional, como lo es la fundición a presión, la forja, la

extrusión, el mecanizado y el laminado. Algunos de los factores que determinan la calidad de la colada o vaciado, incluyen la calidad del equipo utilizado en el proceso, la calidad del material utilizado en la fundición, la habilidad de los trabajadores en todas las fases del proceso.

En la actualidad se pueden encontrar piezas trabajadas por medio de fundición, en todas las áreas de la sociedad, desde las grandes empresas hasta los hogares de las personas.

- Tipos de fundición

Existen diversos tipos de fundiciones donde se pueden mencionar los siguientes:

- Fundición en moldes metálicos. Este tipo de fundición es utilizada en fundiciones masivas de piezas pequeñas de metal, donde se busca alto nivel de calidad, se utilizan metales que necesitan baja temperatura para la fusión.
- Fundición en matrices. Este proceso se realiza inyectando el metal líquido a presión en el molde, generalmente a una presión de 10 a 14 Mpa, lo caracteriza la alta calidad con la que son realizadas las piezas, se pueden utilizar dos sistemas de fundición en matrices: en cámara caliente y en cámara fría.
- Fundición en cámara caliente. Este procedimiento es realizado por medio de sumergir un cilindro en el hierro líquido y con el pistón se empuja el metal líquido hacia la salida que descarga a la matriz, en este proceso se utilizan metales de bajo punto de fusión como

el estaño, zinc y plomo, siendo el metal resultante fácil para la maquinabilidad.

- Fundición en cámara fría. En este procedimiento se lleva metal líquido con un cucharón hacia un cilindro, donde un pistón lo empuja por la abertura hacia la matriz, no es recomendable en trabajos de alta producción.
- Fundición hueca. En la actualidad se realizan fundiciones de este tipo donde se necesita fundir piezas huecas, las cuales no necesitan corazón, donde se busca reducir los costos de un objeto.
- Fundición prensada o de corthias. Se utiliza para fabricar piezas huecas pero de una mejor calidad, se realiza vertiendo metal líquido en un molde, luego se introduce una pieza de metal que obliga al metal a distribuirse en todo el molde.
 - Fundición centrífuga. Este proceso consiste en depositar metal líquido en un molde, el cual se hace girar a gran velocidad, en donde se solidifica rápidamente el metal mediante un enfriamiento continuo del molde, es utilizado en fabricación de tuberías, joyería, en fabricación de telescopios, y demás objetos simétricos.
 - Fundición semicentrífuga. Al igual que en el proceso centrífugo se hace girar el molde a gran velocidad donde se forman piezas mecánicas, el molde lleva gran cantidad de material en las orillas siendo uniforme y denso. En el centro

del molde no existe la misma cantidad de material, siendo maquinada al finalizar el proceso de fundición.

- Fundición por centrifugado. Fundición por centrifugado. En este proceso se hace girar un molde lentamente siendo este cilíndrico o redondo, donde la fuerza centrífuga reviste la superficie interna del molde con la forma deseada del metal.
- Fundición a la cera perdida. Es muy antiguo y se utiliza para la fabricación de piezas artísticas. Consiste en fabricar la pieza que se desea fundir en cera, ésta es cubierta por yeso o cualquier material que soporte el metal fundido. Este se introduce al horno donde el material cerámico se endurece y la cera se derrite, dejando el molde listo para verter metal fundido para la fabricación de la pieza que se desea.
- Fundición de cáscara cerámica. Este proceso se introduce varias veces en una lechada refractaria (yeso con polvo de mármol), éste ya con una capa del material se introduce al horno, donde la capa cerámica se endurece y el material con bajo grado de fusión se derrite y el molde está listo para ser llenado con metal líquido y obtener la pieza deseada.
- Fundición en molde de yeso. Con este tipo de fundición se realizan piezas de baja calidad en su acabado superficial y consiste en la incrustación de una pieza deseada en una caja llena de yeso, cuando se ha endurecido se vierte metal fundido en las cavidades formando así, la pieza deseada por el fabricante, pudiendo

producir grandes cantidades de piezas fundidas con las formas deseadas.

2.4.2.1. Etapas del proceso

En el proceso para producir piezas con base en metales fundidos se le conoce como proceso de fundición. Se lleva a cabo vertiendo metal fundido en recipientes con la forma de una pieza u objeto que se desea fabricar y esperar a que baje su temperatura para poder maquinarlo.

Para lograr la producción de una pieza fundida es necesario hacer las siguientes actividades:

- Diseño de los modelos de la pieza y sus partes internas
- Diseño del molde
- Preparación de los materiales para los modelos y los moldes
- Fabricación de los modelos y los moldes
- Colado de metal fundido
- Enfriamiento de los moldes
- Extracción de las piezas fundidas
- Limpieza de las piezas fundidas
- Terminado de las piezas fundidas
- Recuperación de los materiales de los moldes

2.4.2.1.1. Modelo a fundir

Los moldes que se utilizan para poder fundir las piezas que se desean pueden fabricarse de madera, yeso, cera, arena poliuretano, metal, arena, etc. Los moldes pueden ser desechables o renovables.

2.4.3. Variantes en la fundición

La precisión con que la pieza fundida sea de buena calidad, limitada por varios puntos.

- El tipo de arena que se utilizará
- El proceso de moldeo utilizado

La fundición realizada con arena verde gruesa, proporcionará una superficie áspera, mientras que con arena seca se producen piezas con superficies más lisas. Para un mejor acabado se recomienda pulir las piezas o recubrirlas con residuos de óxidos, silicatos, y otros compuestos.

Las variantes que permitirán que la pieza sea de buena calidad serán las condiciones en que se realice el proceso de fundición, la calidad que tenga el metal fundido, los moldes a utilizar, el trabajo de maquinado que se hará, etc.

2.5. Hierro fundido

Los hierros fundidos ordinarios es una aleación compleja que contiene un total de hasta 10 % de los siguientes elementos: carbono, silicio, manganeso, azufre y fósforo, siendo el resto de hierro.

Algunas características del hierro fundido son:

- El hierro fundido es un material metalúrgico barato, particularmente útil cuando el vaciado requiere rigidez, resistencia al desgaste o una alta resistencia a la compresión.
- La ductilidad del hierro fundido es muy baja y este no puede laminarse, estirarse o trabajarse a temperatura ambiente.
- La mayoría de los hierros fundidos no son maleables a cualquier temperatura; sin embargo, a veces funde fácilmente o puede fundirse en formas complicadas que generalmente se maquinan a dimensiones finales.
- Su facilidad de maquinado cuando se selecciona una composición adecuada.
- Su fluidez y capacidad para efectuar buenas impresiones de fundición.
- Sus temperaturas de fusión, fácilmente obtenibles (1 130-1 250 °C) en comparación con los aceros.

2.5.1. Tipos de hierro fundido

Las diferencias del tipo de hierro fundido se dan según el contenido de carbono, el contenido de aleación y de impurezas, la rapidez de enfriamiento durante o después del congelamiento y el tratamiento térmico después de fundirse.

El hierro fundido se puede clasificar de la siguiente manera

- Hierro fundido blancos
- Hierros fundidos maleables
- Hierros fundidos grises
- Hierros fundidos enfriados rápidamente
- Hierros fundidos nodulares

- Hierros fundidos aleados

2.5.1.1. Hierro fundido blanco

Se caracteriza por la presencia del compuesto intersticial duro y frágil, denominado carburo de hierro o cementita y por el color de su superficie fracturada. Los cambios que se dan en este hierro durante la solidificación y el enfriamiento subsecuente son determinados por el diagrama hierro-carburo de hierro.

La cementita es un compuesto intersticial duro y frágil. Debido a que el hierro fundido blanco contiene una cantidad de cementita relativamente grande, como una red interdendrítica continua, hace que el hierro fundido sea duro y resistente al desgaste, pero extremadamente frágil y difícil de maquinar.

Esta frágil y falta de maquinabilidad limita su utilización industrial, quedando reducido su empleo a guías de laminadoras, molinos de bolas y boquillas de extrusión, únicamente se utilizan en casos en que la resistencia al desgaste es lo más importante y el servicio no requiere ductibilidad, un gran porcentaje del hierro fundido blanco, se utiliza como material de inicio para manufactura de hierro fundido maleable.

2.5.1.2. Hierro fundido maleable

Este tipo de fundición se obtiene al aplicar al hierro fundido blanco un tratamiento de recocido, calentándolo a una temperatura comprendida entre 850 y 950 °C con el objetivo de descomponer la cementita quedando el carbono libre en forma de nódulos irregulares, denominados normalmente carbono de revenido.

El propósito de la maleabilización es convertir todo el carbono combinado presente, en el hierro blanco en nódulos irregulares de carbono revenido (grafito) y ferrita. Comercialmente, este proceso se efectúa en dos etapas conocidas como la primera y segunda etapas del recocido.

Los hierros blancos adecuados para la conversión a hierro maleable deben tener los siguientes intervalos de composición:

Tabla II. **Componentes y porcentajes de una composición adecuada**

Componente	Porcentaje
Carbono	2,00-2,65
Silicio	0,9-1,40
Manganeso	0,25-0,55
Fósforo	Menos de 0,18
Azufre	0,05

Fuente: Hayden, Wayne. Propiedades mecánicas. p. 47.

En la primera etapa del recocido, la fundición del hierro blanco, se recalienta lentamente a una temperatura entre 1 650 a 1 750 °F durante este calentamiento la perlita se convierte a austenita en la línea crítica inferior, ésta disuelve alguna cementita adicional en la medida que se va aumentando la temperatura de recocido.

Hay dos procesos de maleabilización: el de corazón negro y el de corazón blanco; estos nombres se refieren al color de una sección fracturada después de que se ha terminado el tratamiento térmico.

El proceso de corazón negro, usa hierro en el cual es típica la siguiente composición:

Tabla III. **Componentes de hierro fundido en proceso de corazón negro**

Componente	Porcentaje
Carbono	2,5 %
Silicio	0,8 %
Manganeso	0,4 %
Azufre	0,8 %
Fósforo	0,1%

Fuente: Serope Kalpakjian, Steven R.; Schmid, Gabriel. Manufactura, ingeniería y tecnología. p. 324.

Tabla IV. **Componentes de hierro fundido con proceso de corazón blanco**

Componente	Porcentaje
Carbono	3,3 %
Silicio	0,6 %
Manganeso	0,5 %
Azufre	0,25 %
fósforo	0,1 %

Fuente: Serope Kalpakjian, Steven R.; Schmid, Gabriel. Manufactura, Ingeniería y Tecnología. p. 326.

El hierro maleable se utiliza cuando se necesita un material con las siguientes condiciones: resistente y menos frágil que el hierro colado ordinario.

Es utilizado en la industria automovilística para partes pequeñas; en la manufactura de piezas para maquinaria agrícola, así también, para tubería y plomería, equipo eléctrico, equipo doméstico, quemadores de gas y muchas otras aplicaciones.

2.5.1.3. Hierros fundido gris

Este tipo de fundición es de uso más común, su nombre se debe al color gris que presentan sus superficies fracturadas, las cuales manchan de negro los dedos cuando estas superficies rotas son frotadas, lo que es debido a la presencia de partículas de carbono en estado libre (grafito). En la manufactura de hierros fundidos grises, la tendencia de la cementita a separarse en grafito y austenita o ferrita es favorecida controlando la composición de aleación y las velocidades de enfriamiento.

La mayoría de los hierros fundidos grises son aleaciones hipoeutécticas que contienen entre 2,5 y 4 % de carbono. En estas aleaciones se solidifican, formando primero la austenita primaria. Con una apariencia inicial del carbono combinado está en la cementita que resulta de la reacción eutéctica a 2 065 °F el proceso de grafitización es ayudado por el alto contenido de carbono, la alta temperatura y la adecuada cantidad de elementos de grafitización sobre todo de silicio. El grafito aparece como muchas placas irregulares, generalmente alargadas y curvas, las cuales dan al hierro fundido gris su característica fractura de color grisáceo o negruzco.

La resistencia del hierro fundido gris, depende casi por completo de la matriz en que está incrustado el grafito, la cual es determinada por la condición de la cementita eutectoide.

2.5.1.3.1. Tratamiento térmico en hierro gris

Los tratamientos térmicos más importantes son:

- Supresión de tensiones. Tratamiento a baja temperatura, para reducir o aliviar tensiones internas remanentes después de la colada. El objetivo de este tratamiento térmico, es remover tensiones residuales sin causar ningún cambio en la estructura y propiedades.

Altas tensiones pueden presentarse después de la colada en fundiciones de hierro dúctil de forma compleja y pueden ser sustancialmente removidas, mediante un tratamiento térmico a aproximadamente 500-600 °C. La fundición típicamente es calentada a 50 °C por hora, de 200 a 600 °C, mantenida a 600 °C durante una hora por cada 25 mm de espesor de sección más una hora y luego enfriada en el horno a 50 °C por hora por debajo de los 200 °C, después de lo cual la fundición puede ser enfriada al aire a temperatura ambiente.

Esto es de suma importancia para asegurar que la tasa de calentamiento y enfriamiento, sean lo suficientemente lentas para evitar *shock* térmico y la formación de nuevas tensiones debidas a altos gradientes de temperatura en la fundición.

El alivio de tensiones no es necesario para fundiciones recocidas, pero puede ser requerido para fundiciones perlíticas *as-cast* y para aquellas que han sido enfriadas al aire durante el normalizado.

El tratamiento térmico que más se aplica para los hierros grises es probablemente la supresión de las tensiones internas. La temperatura para la supresión de tensiones está generalmente por debajo de la transformación de perlita en austenita. De no brindarle tratamiento térmico ulterior al fundido al hierro gris, se pueden contener tensiones residuales, porque el enfriamiento avanza a diferentes velocidades por todas las secciones de una pieza fundida. Estas tensiones residuales resultantes reducen la resistencia, producen deformaciones y en casos extremos se pueden presentar fisuras.

- Recocido. Es utilizado para mejorar la ductilidad y tenacidad, para reducir dureza y remover carburos, consiste en calentar el hierro a una temperatura suficientemente alta para suavizarlo y mejorar así su maquinabilidad. El propósito principal del mismo es generar una estructura ferrítica y remover perlita y carburos, lográndose así la máxima ductilidad y tenacidad. El recocido puede ser usado para lograr propiedades específicas, como un 15 % o más de elongación. El tratamiento puede tener variantes, pero los más comunes son el enfriamiento interrumpido, enfriamiento lento controlado y tratamiento en una sola etapa.
 - Enfriamiento interrumpido. La primera etapa es homogeneizar el hierro como se ha descrito antes. Esto es seguido por un enfriamiento hasta 680-700 °C y mantenido a esta temperatura de 4-12 hrs. para desarrollar la ferrita. Cuanto mayor sea la pureza del hierro, más corto será el tiempo requerido. Las fundiciones de forma sencilla pueden ser enfriadas en horno por debajo de los 650 °C y enfriadas al aire, pero las fundiciones complejas que pueden desarrollar tensiones residuales, deben ser enfriadas en

horno de acuerdo a las recomendaciones mencionadas para el aliviamiento de tensiones.

- Enfriamiento lento controlado. La primera etapa es la homogenización como se ha dicho antes; esto es seguido por un enfriamiento a razón de 30-60 °C por hora desde los 800-650 °C. Hierros de más baja pureza requieren de tasas de enfriamiento más lentas. El enfriamiento a temperatura ambiente se lleva a cabo como el método interrumpido.

- Tratamiento de una sola etapa. La fundición es calentada desde la temperatura ambiente hasta los 680-700 °C, sin una austenización previa, es entonces mantenida a esta temperatura por 2-16 hrs. para que grafitice la perlita. El tiempo aumenta con la disminución de la pureza del metal, y generalmente es mayor que para los otros métodos, debido a la falta de una homogenización previa. El enfriamiento a temperatura ambiente, se lleva a cabo como en el método de enfriamiento interrumpido. Este tratamiento se aplica solo para quitar la perlita en hierros con carburo no eutéctico. Si el hierro contiene carburos, debe usarse el método del enfriamiento interrumpido o el del enfriamiento lento controlado.

- El tratamiento térmico no se efectúa en forma comercial para aumentar la resistencia de las piezas fundidas de hierro gris, porque la resistencia del metal fundido puede incrementarse a menor costo, ya sea reduciendo los contenidos de silicio y total de carbono o añadiendo elementos de aleación. El hierro gris generalmente se

templa y se reviene para incrementarse a menor costo para aumentar la resistencia al desgaste y a la abrasión, aumentando la dureza.

2.5.1.3.2. Propiedades mecánicas y aplicaciones del hierro fundido

Entre las propiedades mecánicas necesarias del hierro fundido, la resistencia tensil es importante al seleccionar un hierro gris para piezas sometidas a cargas estáticas indirectas de tensión y flexión. Los hierros que superan 40 000 lb/pulg² en resistencia a la tracción generalmente se consideran hierros de alta resistencia y son un poco más caros de producir y más difíciles de maquinar.

La resistencia compresiva, es otra característica mecánica importante, cuando el hierro gris se utiliza para cimentaciones o soportes de maquinaria. Como todos los materiales frágiles, la resistencia compresiva del hierro gris es mucho más grande que su resistencia tensil y es una función de la resistencia del corte.

Por otro lado muchos de los grados de hierro gris tienen mayor resistencia al corte torsional que algunos grados de acero. Esta característica, junto con la baja sensibilidad de muesca (concentración de esfuerzos en un punto o defecto), hace del hierro gris un material adecuado para varios tipos de flechas o ejes. La dureza del hierro gris es resultado promedio del grafito suave del hierro y la matriz metálica.

El hierro gris se utiliza ampliamente para guarniciones, marcos de alrededor de maquinaria peligrosa, tipos de cajas para engranes, recintos para equipo eléctrico, cajas para bombas y cajas para turbinas de vapor, monobloques para motor, bocas de incendios, cubiertas para alcantarillas.

2.5.1.4. Hierro fundido nodular

Este tipo de hierro también es conocido como hierro dúctil o hierro de grafito esferoidal o hierro esferulítico. Es un hierro gris normal en donde las hojuelas de grafito son largas y delgadas en forma esferoidal o de glóbulos minúsculos. Estas hojuelas largas y delgadas, con resistencia despreciable en la tensión, actúan como discontinuidades en la estructura; por otra parte los extremos agudos de las hojuelas introducen puntos de concentración de esfuerzos.

El contenido de carbono en el hierro fundido nodular, es igual al de fundición gris, únicamente que las hojuelas de grafito son sustituidas por partículas esféricas de grafito, de manera que la matriz metálica se encuentra mucho menos quebrada y se eliminan los “elevadores de esfuerzos” agudos.

El hierro fundido nodular se diferencia del hierro maleable, debido a la presencia de pequeñas cantidades de algunos elementos formadores de nódulos como el magnesio y el cerio, que generalmente se obtiene como resultado de la solidificación y no requiere tratamiento térmico.

Los hierros nodulares pueden ser: hierros ferríticos, perlíticos, templado, austénicos

- Los hierros nodulares con una matriz que tiene un máximo de 10 % de perlita se conocen como hierros ferríticos, esta estructura proporciona máxima ductilidad, tenacidad y maquinabilidad.
- Los hierros nodulares perlíticos dúctiles, son más fuertes pero menos dúctiles que los de ferrita.
- Los hierros austeníticos dúctiles son tipos altamente aleados que retienen su estructura austenítica hasta por lo menos -75 °F. Estos hierros son interesantes debido a sus propiedades de relativa alta resistencia a la corrosión y buena fluencia a elevadas temperaturas.

Algunas aplicaciones típicas del hierro nodular son: piezas para tractores y herramientas agrícolas; cigüeñales, pistones y cabezas de cilindros para automóviles y motores diesel, accesorios eléctricos, cajas para interruptores, cubiertas para motor y piezas para interruptores de circuitos de minería, entre otros.

2.5.1.5. Hierros fundidos aleados

Un hierro fundido aleado es aquel que contiene un elemento o elementos, especialmente añadidos en suficiente cantidad para producir una modificación en las propiedades física o mecánicas que se pueden medir. No se considera adiciones de aleaciones las resultadas de los elementos normalmente de la materia prima; como silicio, manganeso, azufre y fósforo. Los elementos de aleación se añaden al hierro fundido para fines especiales; resistencia a la corrosión, al calor y al desgaste y para mejorar las propiedades mecánicas. La mayoría de las aleaciones con el hierro fundido acelerarán o retardarán la grafitación, lo cual es una de las razones más importantes para la aleación.

Entre los elementos más comunes están; el cromo, el cobre, el molibdeno, el níquel y el vanadio.

El cromo incrementa el carbono combinado, formando complejos carburos de hierro-cromo más estable que el carburo-hierro. El cromo en pequeñas cantidades incrementa la resistencia al desgaste y el calor, pero disminuye la maquinabilidad.

Por su parte, el cobre es un grafitizador, el molibdeno mejora las propiedades mecánicas y es un leve estabilizador de carburos y su efecto es similar al del acero. La resistencia a la fatiga, la resistencia tensil, la resistencia transversa, la resistencia al calor y la dureza del hierro fundido mejoran.

El vanadio es un formador de carburo muy potente, estabiliza la cementita y reduce la grafitización. El níquel es un grafitizador, pero solo la mitad de efectivo que el silicio, el níquel ayuda a controlar la estructura retardando la transformación de la austenita, estabilizando la perlita y manteniendo el carbono combinado en la cantidad eutectoide.

3. TRABAJO PROPUESTO

3.1. Información disponible

Para la recolección de la información en la que basó esta investigación, se revisaron fuentes documentales, también fue necesario obtener información de expertos obtenida, así también, como información proporcionada por fabricantes especializados.

3.1.1. Información documental

La revisión documental, incluye la búsqueda de información en libros especializados en la materia, tesis, informes y revistas.

3.1.1.1. Soldadura

Según la American Welding Society, se define como “una unión localizada (la fusión o crecimiento de la estructura del grano de los materiales soldados) de metales o no metales, producida por el calentamiento de estos a las temperaturas de fusión, con o sin la aplicación de presión, o aplicando solo presión y con o sin el uso de materiales de aportación”.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico.

La energía para soldaduras de fusión o termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente.

Mientras que con frecuencia es un proceso industrial, la soldadura puede ser hecha en muchos ambientes diferentes, incluyendo al aire libre, debajo del agua y en el espacio. Sin importar la localización, sin embargo, la soldadura sigue siendo peligrosa y se deben tomar precauciones para evitar quemaduras, descarga eléctrica, humos venenosos y la sobre-exposición a la luz ultravioleta.

3.1.1.2. Clasificación de tipos de soldadura

Primeramente se pueden distinguir dos tipos de soldadura:

- Soldadura heterogénea. Se efectúa entre materiales de distinta naturaleza, con o sin metal de aportación o entre metales iguales, pero con distinto metal de aportación, puede ser blanda o fuerte.
- Soldadura homogénea. Los materiales que se sueldan y el metal de aportación, lo hay, son de la misma naturaleza. Puede ser oxiacetilénica, eléctrica (por arco voltaico o por resistencia), etc. Si no hay metal de aportación, las soldaduras homogéneas se denominan autógenas.
 - Soldadura blanda. Esta soldadura de tipo heterogéneo se realiza a temperaturas por debajo de los 400 °C. El material metálico de aportación más empleado es una aleación de estaño y plomo, que funde a 230 °C aproximadamente.

- Procedimiento para soldar. Lo primero que se debe hacer es limpiar las superficies, tanto mecánicamente como desde el punto de vista químico, es decir, desengrasarlas, desoxidarlas y posteriormente recubrirlas con una capa de material fundente que evite la posterior oxidación y facilite el «mojado» de las mismas. A continuación se calientan las superficies con un soldador y, cuando alcanzan la temperatura de fusión del metal de aportación, se aplica éste; el metal corre libremente, «moja» las superficies y se endurece cuando enfría. El estaño se une con los metales de las superficies que se van a soldar. Comúnmente se estañan, por el procedimiento antes indicado, ambas caras de las piezas que se van a unir y posteriormente se calientan simultáneamente, quedando así unidas. En muchas ocasiones, el material de aportación se presenta en forma de hilo enrollado en un carrete.

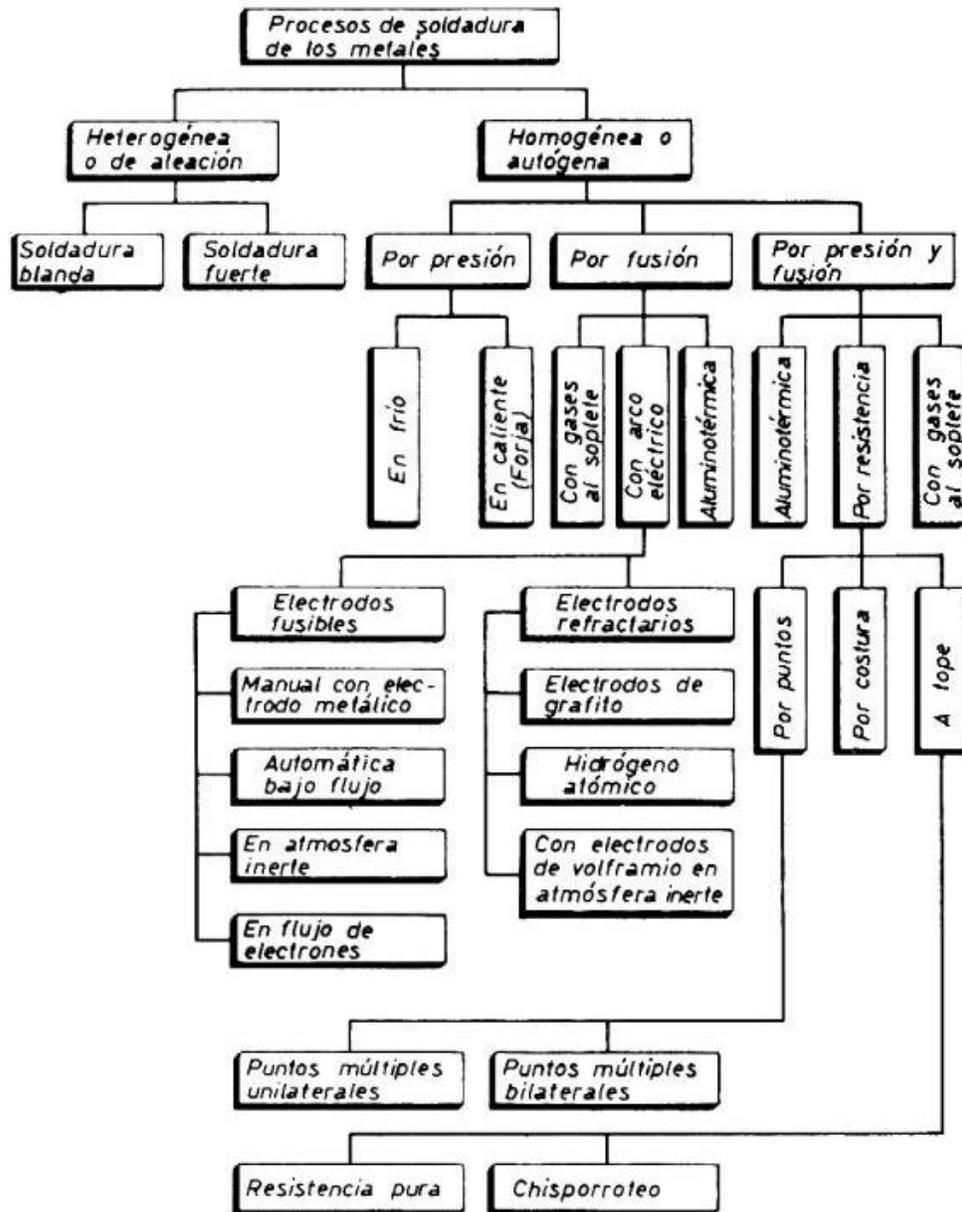
En este caso, el interior del hilo es hueco y va relleno con la resma antioxidante, lo que hace innecesario recubrir la superficie.

Tiene multitud de aplicaciones, entre las que destacan:

- Electrónica. Para soldar componentes en placas de circuitos impresos.
- Soldaduras de plomo. Se usan en fontanería para unir tuberías de plomo, o tapar grietas existentes en ellas.
- Soldadura de cables eléctricos.
- Soldadura de chapas de hojalata.

Aunque la soldadura blanda es muy fácil de realizar, presenta el inconveniente de que su resistencia mecánica es menor que la de los metales soldados, además, da lugar a fenómenos de corrosión.

Figura 3. Clasificación de procesos de soldadura



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre 2013].

- Soldadura fuerte. También llamada dura o amarilla, es similar a la blanda, pero se alcanzan temperaturas de hasta 800 °C. Como metal de aportación se suelen usar aleaciones de plata y estaño (conocida como soldadura de plata) o de cobre y cinc. Como material fundente para cubrir las superficies, desoxidándolas, se emplea el bórax. Un soplete de gas aporta el calor necesario para la unión. La soldadura se efectúa generalmente a tope, pero también se suelda a solape y en ángulo.

Este tipo de soldadura se lleva a cabo cuando se exige una resistencia considerable en la unión de dos piezas metálicas, o bien se trata de obtener uniones que hayan de resistir esfuerzos muy elevados o temperaturas excesivas. Se admite que, por lo general, una soldadura fuerte es más resistente que el mismo metal que une.

- Soldadura por presión. La soldadura en frío es un tipo de soldadura donde la unión entre los metales se produce sin aportación de calor. Puede resultar muy útil en aplicaciones en las que sea fundamental no alterar la estructura o las propiedades de los materiales que se unen. Se puede realizar de las siguientes maneras:

Por presión en frío o en caliente. Consiste en limpiar concienzudamente las superficies que hay que unir; y, tras ponerlas en contacto, aplicar una presión sobre ellas hasta que se produzca la unión.

Por fricción. Se hace girar el extremo de una de las piezas y, después, se pone en contacto con la otra. El calor producido por la fricción une ambas piezas por deformación plástica.

- Soldadura por fusión. Es una técnica que se basa en calentar dos piezas de metal hasta que se derriten y se fusionan entre sí, en algunos casos pueden contar con material de aporte.
 - Soldadura oxiacetilénica (con gases al soplete). El calor aportado en este tipo de soldadura se debe a la reacción de combustión del acetileno (C₂H₂), que resulta ser fuertemente exotérmica, pues se alcanzan temperaturas del orden de los 3 500 °C.

Tabla V. **Características de gases en proceso de soldadura**

Denominación del gas	Fórmula química	Densidad con relación al aire	m ³ de O ₂ para la combustión de 1 m ³ de gas	Temperatura de combustión, en O ₂ , en °C.
Acetileno	C ₂ H ₂	0,9056	2,5	3200
Propano	C ₃ H ₈	1,53	5	2750
Hidrógeno	H ₂	0,0695	0,5	2200
Gas natural (metano)	CH ₄	0,56	2	2000

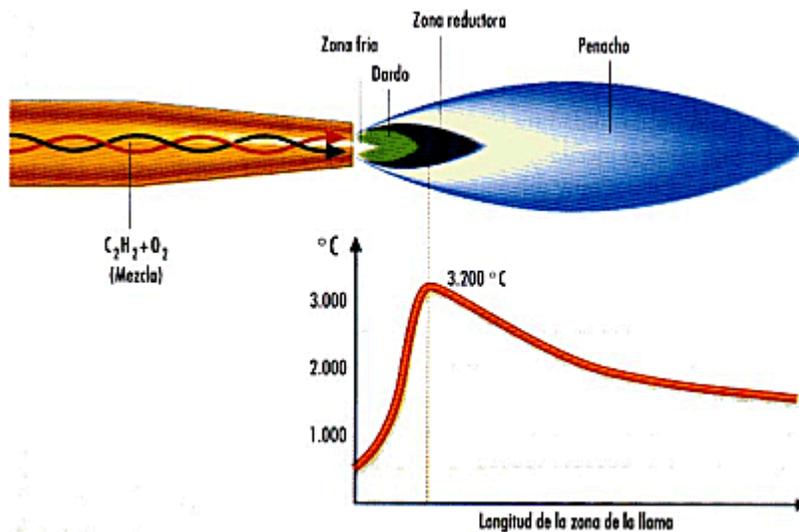
Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].



En la llama se distinguen diferentes zonas, claramente diferenciadas: una zona fría a la salida de la boquilla del soplete donde se mezclan los gases, a continuación el dardo que es la zona más brillante de la llama y tiene forma de tronco de cono, posteriormente se encuentra la zona reductora que es la parte más importante de la llama, donde

se encuentra la mayor temperatura (puede llegar a alcanzar los 3 150 °C) y por último el penacho o envoltura exterior de la llama.

Figura 4. Partes de soldadura oxiacetileno



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

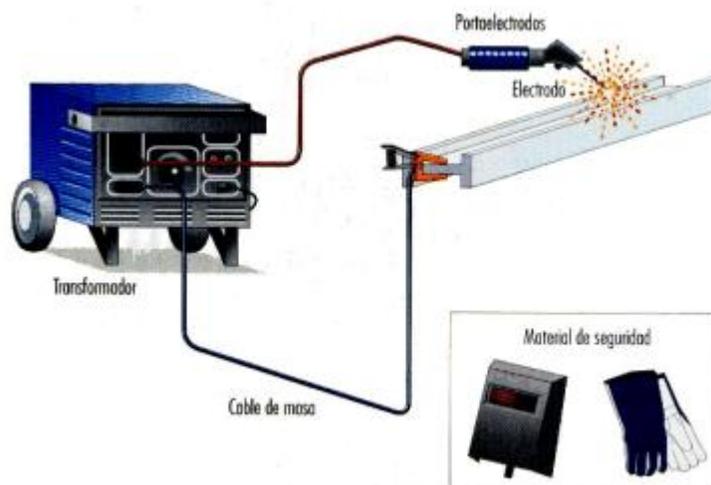
- Soldadura por arco eléctrico. En la actualidad, la soldadura eléctrica resulta indispensable para un gran número de industrias. Es un sistema de reducido costo, de fácil y rápida utilización, resultados perfectos y aplicables a toda clase de metales. El proceso puede ser muy variado.

El procedimiento de soldadura por arco consiste en provocar la fusión de los bordes que se desea soldar mediante el calor intenso desarrollado por un arco eléctrico. Los bordes en fusión de las piezas y el material fundido que

se separa del electrodo se mezclan íntimamente, formando, al enfriarse, una pieza única, resistente y homogénea.

Al ponerse en contacto los polos opuestos de un generador se establece una corriente eléctrica de gran intensidad. Si se suministra la intensidad necesaria, la sección de contacto entre ambos polos -por ser la de mayor resistencia eléctrica- se pone incandescente. Esto puede provocar la ionización de la atmósfera que rodea a la zona de contacto y que el aire se vuelva conductor, de modo que al separar los polos el paso de corriente eléctrica se mantenga de uno a otro a través del aire.

Figura 5. **Soldadura por arco eléctrico**



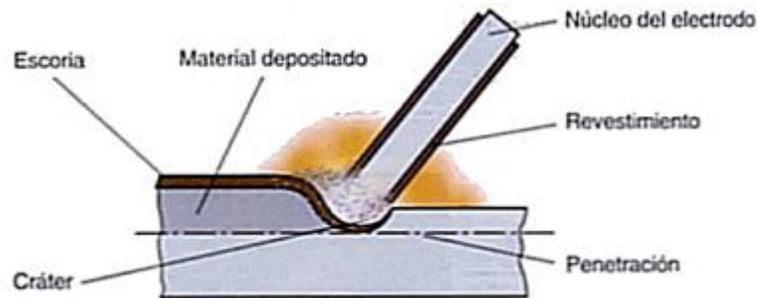
Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

Antes de iniciar el trabajo de soldadura se deben fijar las piezas sobre una mesa o banco de trabajo, de manera que

permanezcan inmóviles a lo largo de todo el proceso. Durante la operación, el soldador debe evitar la acumulación de escoria, que presenta una coloración más clara que el metal. El electrodo ha de mantenerse siempre inclinado, formando un ángulo de 15° aproximadamente sobre el plano horizontal de la pieza, y comunicar un movimiento lento en zigzag -de poca amplitud-, para asegurar una distribución uniforme del metal que se va desprendiendo del electrodo.

El arco eléctrico genera un cráter en la pieza. Es fundamental, para que la soldadura presente una penetración eficaz, tener en cuenta la longitud del arco (distancia entre el extremo del electrodo y la superficie del baño fundido). Si el arco es demasiado pequeño, la pieza se calienta exageradamente y la penetración resulta excesiva; en ese caso, puede llegar a producirse una perforación peligrosa. Por el contrario, si el arco es demasiado largo, se dispersa parte de su calor, y la penetración resulta insuficiente. El operario soldador ha de ser lo bastante hábil como para mantener el arco a la longitud adecuada. Las temperaturas que se generan son del orden de $3\ 500\ ^{\circ}\text{C}$.

Figura 6. **Partes de soldadura de arco eléctrico**



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

Este tipo de soldadura puede realizarse con electrodos metálicos o de carbón. Esto ha dado lugar, a lo largo de la historia de la soldadura por arco, a varios procedimientos distintos:

- ✓ Procedimiento Zerener. Con este método, de patente alemana, el arco salta entre dos electrodos de carbón, y mediante un electroimán se dirige hacia la junta que se desea soldar para mejorar la aportación de calor, actualmente este procedimiento ha caído en desuso, debido a que se forma óxido en la soldadura y a que resulta excesivamente complicada tanto la construcción de los portaelectrodos como la posterior retirada de los mismos.

- ✓ Procedimiento Bernardos. Sustituye uno de los electrodos de carbón por la pieza que hay que soldar, de manera que el arco salta entre ésta y el

otro electrodo de carbón. Constituye una mejora del método de Zerener, y aún se emplea en algunas máquinas de soldadura automática con corriente continua.

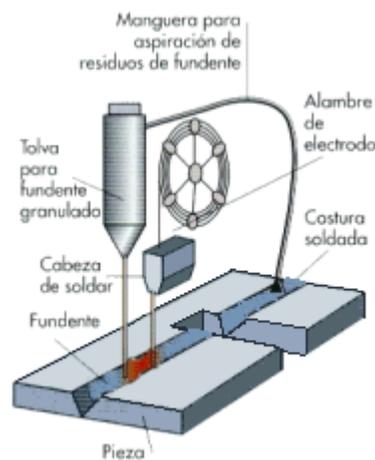
- ✓ Procedimiento Slavianoff. Este método, de origen ruso y que data de 1891, realiza la soldadura mediante el arco que salta entre la pieza y un electrodo metálico. Estas soldaduras son bastante deficientes, pues se oxidan con el oxígeno del aire.

- ✓ Procedimiento Kjellberg. Finalmente, en 1908, Kjellberg comenzó a utilizar electrodos metálicos recubiertos de cal. Este revestimiento, aunque no es el más adecuado, mejora mucho la soldadura. Efectivamente, la idea respondió al fin deseado, de manera que en la actualidad se están obteniendo importantes avances en la investigación de recubrimientos apropiados (recubrimiento ácido, básico, oxidante, de rutilo...) para los electrodos, que son cada vez más gruesos y completos. El recubrimiento, además, tiene otros fines como son: añadir elementos de aleación al baño fundido, formar una escoria fluida, estabilizar el arco, etc.

- ✓ Soldadura por arco sumergido. Utiliza un electrodo metálico continuo y desnudo. El arco se producen entre el alambre y la pieza bajo una capa de fundente granulado que se va depositando delante

del arco. Tras la soldadura se recoge el fundente que no ha intervenido en la operación.

Figura 7. **Soldadura de arco eléctrico**



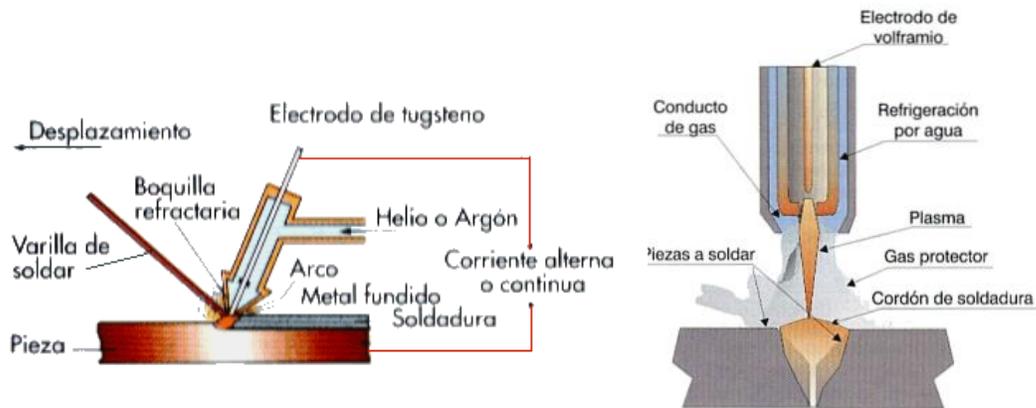
Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

- Soldadura por arco en atmósfera inerte. Este procedimiento se basa en aislar el arco y el metal fundido de la atmósfera, mediante un gas inerte (helio, argón, hidrógeno, anhídrido carbónico).

Existen varios procedimientos:

- ✓ Con electrodo refractario (método TIG). El arco salta entre el electrodo de wolframio o tungsteno (que no se consume) y la pieza, el metal de aportación es una varilla sin revestimiento de composición similar a la del metal base.

Figura 8. Soldadura TIG



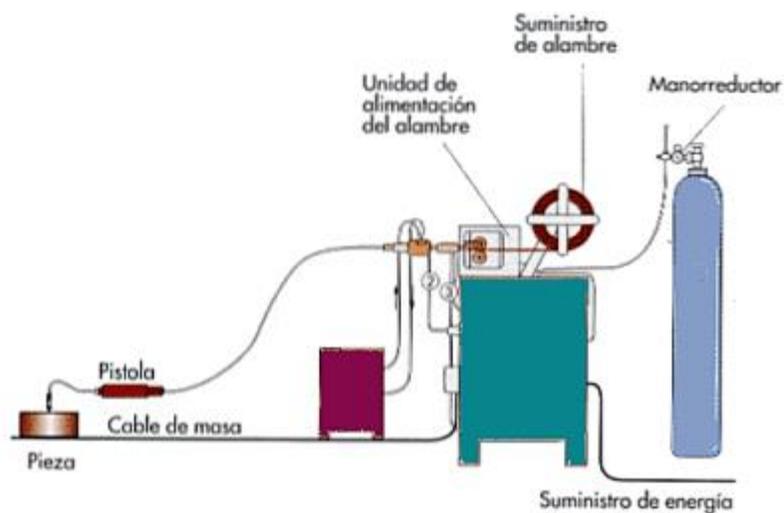
Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre 2013].

- ✓ Con electrodo consumible (método MIG y MAG). Aquí se sustituye el electrodo refractario de wolframio por un hilo de alambre continuo y sin revestimiento que se hace llegar a la pistola junto con el gas. Según sea el gas así recibe el nombre, (MIG = Metal Inerte Gas) o MAG si utiliza anhídrido carbónico que es más barato.

La soldadura por arco eléctrico puede realizarse empleando corriente continua o alterna. La tensión más ventajosa en corriente continua es de 25 a 30 voltios, pero para cebar el arco al comenzar la tensión ha de ser de 70 a 100 voltios; por este motivo, es necesario intercalar una resistencia en

serie que haga de regulador. La intensidad de corriente está comprendida entre 30 y 300 amperios, según la amplitud y la profundidad de la soldadura que se vaya a realizar. Las máquinas de corriente alterna para soldadura llevan un transformador que reduce la tensión de la red, generalmente de 220 voltios, a la de soldadura (inferior a 70 voltios). Estos equipos son más sencillos y económicos; por eso son los más empleados, sobre todo para algunos trabajos que se realizan en pequeños talleres.

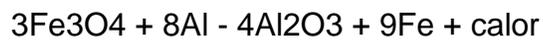
Figura 9. **Soldadura MIG y MAG**



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre 2013].

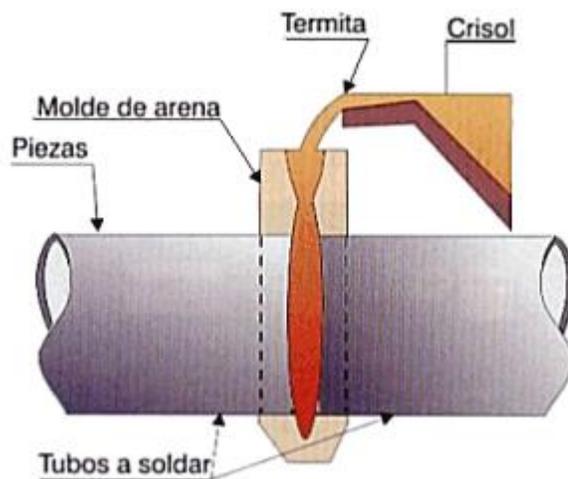
- ✓ Soldadura aluminotérmica o con termita. Utiliza como fuente de calor para fundir los bordes de las piezas a unir y metal de aportación el hierro líquido y

sobrecalentado, que se obtiene de la reacción química se produce entre el óxido de hierro y el aluminio, de la cual se obtiene la alúmina (óxido de aluminio), hierro y una muy alta temperatura.



La alúmina forma una escoria en la parte superior de la unión evitando la oxidación. Para efectuar la soldadura se realiza un molde de arena alrededor de la zona de soldadura y se vierte el metal fundido en él.

Figura 10. **Soldadura aluminotérmica o con termita**



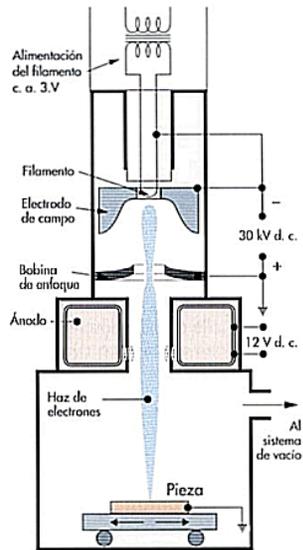
Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

- ✓ Procedimientos de energía radiante. Un reducido número de procesos utilizan la soldadura energía radiante. Su importancia, dentro del volumen total del producto industrial es todavía muy reducida; pero merecen ser destacados por lo que aportan de perspectiva al futuro.

Lo que caracteriza a estos procedimientos es su extraordinario poder para aportar la energía en la zona exacta donde se necesita, mediante el enfoque de la fuente radiante sobre el objeto que se va a soldar. Como consecuencia se reduce al mínimo la zona afectada por la unión, no produciendo deformaciones apreciables. Por todo ello y como excepción en los procesos de soldadura, estos procedimientos aparecen como procesos de acabado, ejecutados como últimos pasos de la fabricación.

De todos ellos, el único que ya ha tomado forma de procedimiento industrial es la soldadura por haz de electrones. El procedimiento con base en el aprovechamiento de la energía cinética de un haz de electrones para bombardear la pieza en la zona que se desea fundir. El proceso tiene lugar en una cámara de vacío a partir de un cañón de electrones.

Figura 11. **Procedimiento de soldadura radiante**



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre 2013].

- Soldadura por resistencia eléctrica

Este tipo de soldadura se basa en el efecto Joule: el calentamiento se produce al pasar una corriente eléctrica a través de la unión de las piezas. El calor desprendido viene dado por la expresión:

$$Q = 0,24. I^2. R. t$$

Siendo:

Q = calor (en calorías)

I = intensidad de corriente eléctrica (en amperios)

R = resistencia (en ohmios) al paso de la corriente eléctrica

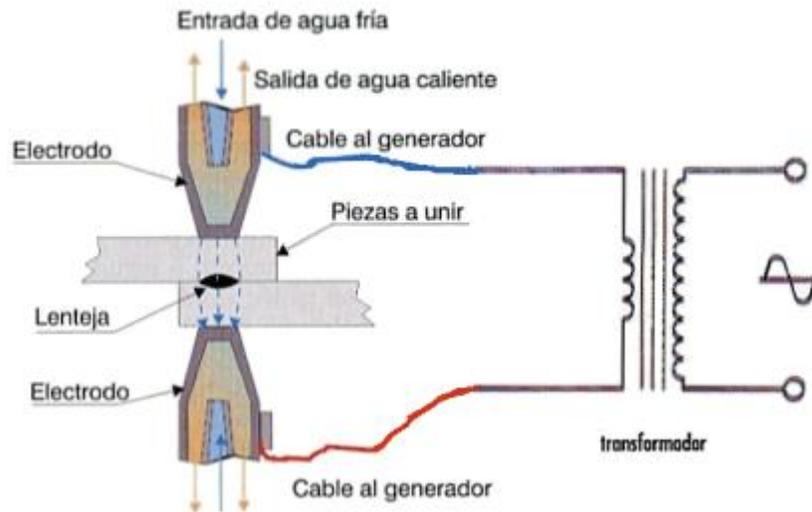
t = tiempo (en segundos)

La soldadura por resistencia puede realizarse de las siguientes maneras:

- ✓ Por puntos. Las piezas-generalmente chapas- quedan soldadas por pequeñas zonas circulares aisladas y regularmente espaciadas que, debido a su relativa pequeñez, se denominan puntos. Las chapas objeto de unión se sujetan por medio de los electrodos y, a través de ellos, se hace pasar la corriente eléctrica para que funda los puntos. Cuando se solidifican, la pieza queda unida por estos puntos, cuyo número dependerá de las aplicaciones y de las dimensiones de las chapas que se unen.

Este tipo de soldadura por puntos tiene gran importancia en la industria moderna, sobre todo en chapa fina. Se emplea en la fabricación de carrocerías de automóviles, electrodomésticos (por ejemplo, neveras), y en las industrias eléctrica y de juguetería.

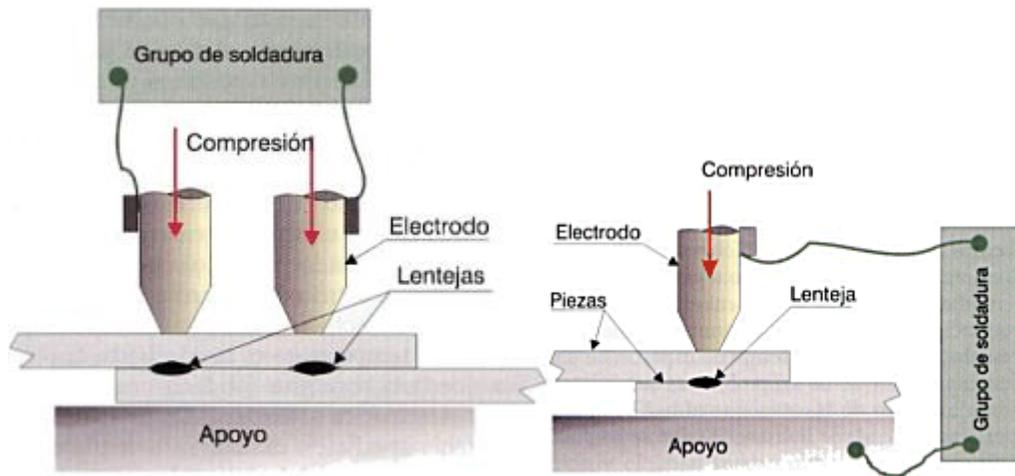
Figura 12. **Soldadura por resistencia eléctrica por puntos**



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

Existen algunas variantes de la soldadura por puntos: por puntos individuales, por puntos múltiples, bilateral, unilateral, etc.

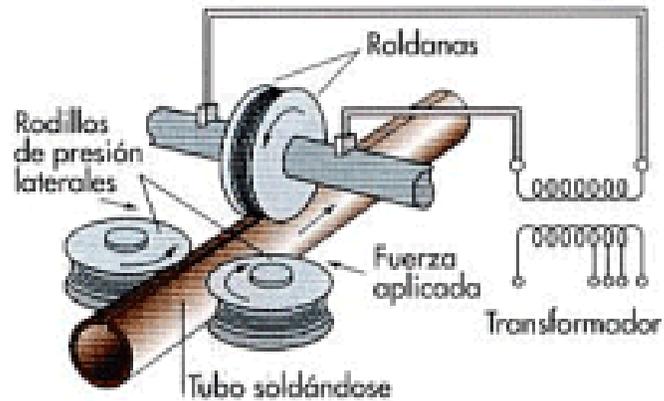
Figura 13. Soldadura por puntos múltiples



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

- ✓ Por costura. La soldadura eléctrica por costura con base en el mismo principio que la soldadura por puntos, pero en este caso las puntas de los electrodos se sustituyen por rodillos, entre los cuales y, presionadas por el borde de estos, pasan las piezas a soldar.

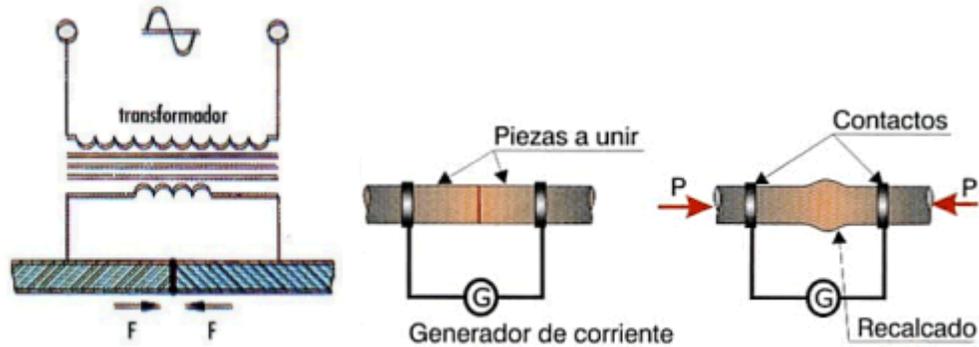
Figura 14. **Soldadura por costura**



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

- ✓ A tope. Las dos piezas que hay que soldar se sujetan entre unas mordazas por las que pasa la corriente, las cuales están conectadas a un transformador que reduce la tensión de red de la soldadura. Las superficies que se van a unir, a consecuencia de la elevada resistencia al paso de la corriente que circula por las piezas, se calientan hasta la temperatura conveniente para la soldadura. En este momento se interrumpe la corriente, y se aprietan las dos piezas fuertemente una contra otra. Una variante de este método es no ejercer presión, sino dejar que entre las piezas se realicen múltiples arcos eléctricos, llamado por chisporroteo.

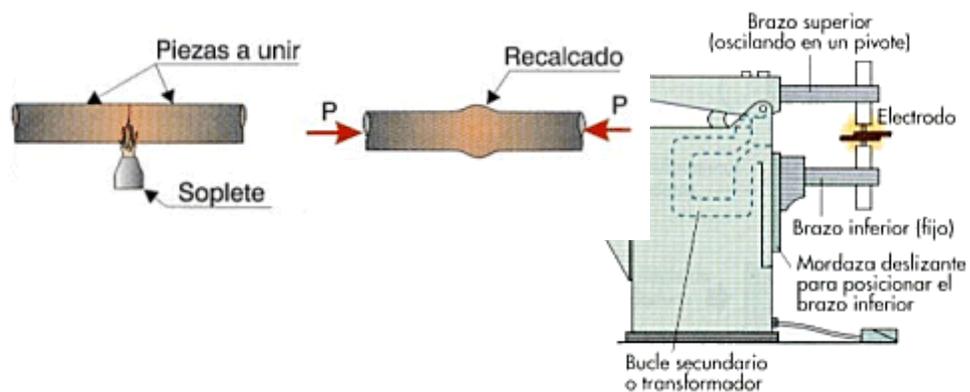
Figura 15. **Soldadura por resistencia eléctrica a tope**



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre 2013].

Durante la soldadura conviene refrigerar las mandíbulas de las mordazas, también se puede realizar el calentamiento de las zonas a unir con gases y posteriormente ejercer presión (a tope con gases).

Figura 16. **Soldadura a tope con gases**



Fuente: <http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

3.1.1.3. Tipos de fallas

Se pueden distinguir primeramente los siguientes tipos de fallas:

- Fractura dúctil. Ocurre después de una intensa deformación plástica y se caracteriza por una lenta propagación de la grieta. Esta fractura ocurre bajo una intensa deformación plástica.

Esta fractura comienza con la formación de un cuello y la formación de cavidades dentro de la zona de estrangulamiento. Luego las cavidades se fusionan en una grieta en el centro de la muestra y se propaga hacia la superficie en dirección perpendicular a la tensión aplicada. Cuando se acerca a la superficie, la grieta cambia su dirección a 45 °F con respecto al eje de tensión y resulta una fractura de cono y embudo.

- Fractura frágil. Se produce a lo largo de planos cristalográficos llamados planos de fractura y tiene una rápida propagación de la grieta.

La fractura tiene lugar sin una apreciable deformación y debido a una rápida propagación de una grieta. Normalmente ocurre a lo largo de planos cristalográficos específicos denominados planos de fractura que son perpendiculares a la tensión aplicada.

La mayoría de las fracturas frágiles son transgranulares o sea que se propagan a través de los granos. Pero si los límites de grano constituyen una zona de debilidad, es posible que la fractura se propague intergranularmente. Las bajas temperaturas y las altas deformaciones favorecen la fractura frágil.

3.1.2. Información testimonial

- Usuarios de unidades. Esta información es de las más importantes al momento analizar las causas y soluciones en cuanto al reacondicionamiento de las chumaceras, tomando en cuenta sus opiniones, presupuestos, necesidades.
- Técnicos soldadores. Conjuntamente con este personal es con quien realizarán los trabajos de reacondicionamiento de chumaceras y los cuales conocen a la perfección las características de las chumaceras ya que han estado trabajando en ello durante más de 10 años, por lo que su ayuda es fundamental.

Para que el trabajo tenga éxito se necesita que el soldador tenga los conocimientos necesarios, para poder realizar el reacondicionamiento de la chumacera, para ello se debe realizar una prueba para calificar si el soldador es apto para realizar los trabajos de soldadura que se requieren.

3.1.3. Fabricantes especializados

Los fabricantes de la chumacera son los encargados de proporcionar los datos específicos, características físicas, químicas de las chumaceras de hierro fundido, para realizar posteriormente reacondicionamientos si este proceso fuese necesario, con ello se pueden tomar decisiones sobre el método de soldadura que deben utilizar, en donde deben tomar en cuenta el material base, condiciones de trabajo y el personal a realizar el trabajo.

Actualmente en Guatemala no existe un ente encargado de verificar los trabajos de fundición que se realizan, por lo que para garantizar los trabajos en fundición deben contratar los servicios de empresas encargadas de realizar ensayos no destructivos y ver que las características de la chumacera sean las necesarias.

3.2. Lineamientos metodológicos

Los procedimientos básicos que este trabajo de graduación comparte con la investigación y con otras formas de generación de conocimientos son:

- Ordenar las ideas y recursos para determinar el nombre del trabajo y definir los alcances;
- Ubicar la información para dimensionar la magnitud del estudio y definir los objetivos;
- Analizar la información: descomponer en los elementos básicos y los secundarios, los que guían el eje de la investigación, luego buscar relaciones;
- Interpretar los hallazgos, extraer las conclusiones;
- Redactar el informe, comunicar las lecciones, en especial a los que buscan el grado de importancia de la experiencia.

3.2.1. Componentes

Se enfoca a la elaboración de un documento que dará cuenta de la experiencia y de los aprendizajes obtenidos. Se trabajarán tres aspectos fundamentales:

- Análisis diagnóstico de la actividad antes de iniciado el proceso
- Tipos de materiales
- Análisis situacional actual considerada como parte de la transformación
- Las lecciones aprendidas

Lo que permitirá documentar el trabajo son los siguientes procedimientos:

- Recopilar información
- Ordenar y redactar la información
- Analizar e interpretar de la información

Técnicas analíticas para el procesamiento de la información:

- Búsqueda de información relacionada con el tema a investigar.
- Lectura de bibliografía actualizada con la cual se conocerá la experiencia de los diferentes autores.
- Sistematización de la información recopilada según la metodología establecida.
- Selección de imágenes fotográficas de unidades, diagramas y fotografías del uso de las unidades.

4. TÉCNICAS PARA REACONDICIONAMIENTO DE CHUMACERAS

Debido al aumento en la utilización de maquinarias en la sociedad, es de suma necesidad optimizar la disponibilidad de los equipos, la seguridad, la eficiencia energética y la calidad de los productos. Las empresas que se dedican a procesos de producción continuos, se ven afectadas en ocasiones por no contar con un amplio *stock* de repuestos ya que eso significa para la empresa un costo demasiado elevado, puesto que para alcanzar altos niveles de rendimiento como lo exigen los mercados actuales, es necesario tener en perfecto funcionamiento los equipos en operación por lo cual se tendrá una mejor producción y una optimización en los recursos productivos.

Actualmente en las empresas donde cuentan con prensas Clearing de 200 toneladas, se han vuelto fundamentales los trabajos de reacondicionamiento de chumaceras debido al ahorro económico y pronta solución de problemas, donde deben tomar en cuenta los aspectos necesarios para llevar a cabo los procesos de reacondicionamiento.

Actualmente las chumaceras de hierro fundido deben ser fabricadas bajo los mejores estándares de calidad, debido a que la empresa no se puede arriesgar a tener demasiados paros en el proceso de producción, esto eleva los costos del *stock* de repuesto y disminuye la eficiencia de producción elevando el costo del producto, disminuyendo las ganancias de la empresa.

4.1. Tipos de falla

Las fallas por tensión pueden clasificarse en cuanto a forma, textura y color. Los tipos de fractura, en lo respectivo a la forma, son simétricos: cono y copa, planos e irregulares. Varias descripciones de la textura son: sedosa, grano fino, grano grueso o granular, fibrosa o astillable, cristalina, vidriosa y mate.

4.1.1. Fractura

En la chumacera se puede apreciar que el tipo de falla que se genera es del tipo de fractura frágil, debido a las características de la fractura donde se puede apreciar que la parte afectada es perpendicular a la zona donde van concentrados los esfuerzos.

Figura 17. **Pieza fracturada a trabajar**



Fuente: elaboración propia. Guatemala, empresa en estudio.

4.2. Procedimiento de reacondicionamiento

Reacondicionamiento de piezas se le llama a la reparación menor de una pieza o equipo sin afectarla físicamente, donde luego se pone a prueba la pieza reparada comprobando su funcionalidad. Los procesos de reacondicionamiento varían dependiendo del campo, ya sea mecánica, electrónica, eléctrica, etc. Los pasos que se realizan para trabajar las chumaceras son los siguientes.

- Limpieza. En este proceso se busca que las piezas, queden libres de productos, que dificulten el proceso de soldadura que posteriormente se realizará, evitando problemas posteriores de burbujas en el cuerpo de la soldadura, provocando fracturas.
- Biselado. Los bordes de las piezas para las uniones se preparan atendiendo fundamentalmente a su fusión, espesor de la pared y forma de las piezas. Esto facilita el proceso de soldadura y por consiguiente se alcanza una mayor calidad en la unión soldada.

En el proceso de biselado se deben tomar en cuenta el tipo y espesor del material para escoger que tipo de bisel, es el que más se acomoda, conforme el espesor aumenta el tipo de bisel cambia, en la tabla 6 pueden observar el bisel que es aconsejable realizar dependiendo del espesor del material.

Tabla VI. Preparación de biseles dependiendo de las características del material base

SÍMBOLO	FORMA	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	50
		█											
		█											
					█								
						█							
					█								
										█			
										█			
										█			
										█			
										█			
										█			
										█			

Fuente: Méndez, Manuel Tito. Soldadura y defectoscopia. p. 29.

En la selección del tipo de uniones, un factor a considerar son los costos en la elaboración de los biseles. Éstas se pueden realizar según los métodos de corte siguientes:

- El limado utilizando limas manuales, este método es lento y costoso.

- El esmerilado utilizando discos abrasivos con máquinas neumáticas o eléctricas.
- El maquinado utilizando distintos tipos de máquinas herramientas con cuchillas de corte como: tornos, fresas, reportadoras, etc. éste es el método más eficiente por su alto rendimiento.
- El oxicorte utilizará antorchas con mezcla de oxígeno y acetileno. Éste es el método más utilizado por su versatilidad y economía.

En algunos casos la preparación de los bordes en unión I es la mejor y más económica, si los espesores de las piezas van de uno a cuatro milímetros.

Tabla VII. Uniones más usuales en el trabajo de soldadura manual

TIPOS DE SOLDADURAS DE BISEL	SOLDADURAS DE BISEL			
	SENCILLA	SIMBOLO	DOBLE	SIMBOLO
RECTA				
EN V				
BISELADA				
U				
J				
EN V DOBLADA				
EN BISEL DOBLADO				

Fuente: Cary, Howard B. Manual de soldadura moderna. p. 623.

En este caso el espesor de la pieza de hierro fundido es $\frac{3}{4}$ ", donde se debe buscar el diseño del biselado adecuado para realizar el trabajo de la mejor manera.

En la chumacera dependiendo del área donde presente la fractura, dependerá del tipo de biselado a realizar, debiendo tener en cuenta al momento de realizar el análisis, en este caso el biselado será en tipo X, tomando en cuenta las características que debe tener este tipo de bisel en cuanto a los grados con que debe contar, para realizar el biselado utilizaremos discos abrasivos utilizados con equipos eléctricos.

Figura 18. **Biselado de chumacera**



Fuente: elaboración propia. Guatemala, empresa en estudio.

- Precalentamiento. Antes de agregarle los cordones de soldadura a la pieza de hierro fundido, se precalienta la pieza a una temperatura de entre 200-250 °C, donde se obtendrá una pequeña dilatación mejorando así el proceso de soldadura.
- Soldadura. Se debe establecer el método de soldadura a utilizar, por lo que se toma en cuenta los siguientes puntos:
 - La capacidad de unión de los metales involucrados con los diferentes procesos.
 - La calidad o fiabilidad de la unión resultante.

- La capacidad del proceso para unir los metales en el espesor y la posición requerida.
- La manera más económica de unir los metales.
- La disponibilidad del equipamiento necesario.
- La familiaridad del personal en la realización de la unión.

Tabla VIII. Selección de los procesos de soldadura

Criterios de selección	Procesos de soldadura por arco				
	SMAW	GMAW	FCAW	GTAW	SAW
Material a soldar:					
-Aceros al carbono, de bajo carbono.	A	A	A	A	A
-Aceros al carbono, de medio y alto carbono.	A	A	A	A	B
-Aceros de baja aleación.	A	A	A	A	A
-Aceros aleados.	A	A	A	A	B
-Aceros inoxidables	A	A	B	A	A
-Hierro fundido, maleable y nodular.	A	B	B	B	NO
-Aluminio y sus aleaciones.	C	A	NO	A	NO
Espesores a soldar (mm):					
0.02 - 0.5	NO	NO	NO	B	NO
0.5 - 1.25	C	B	C	A	NO
1.25 - 2.5	B	B	C	A	NO
2.5 - 6	B	A	B	A	C
6 - 12	A	A	A	B	B
12 - 24	A	A	A	C	B
24 - 60	A	A	A	C	A
Más de 60	A	A	A	C	A
Posiciones de soldadura	Todas	Todas	Todas	Todas	Plana y Horiz. de filete

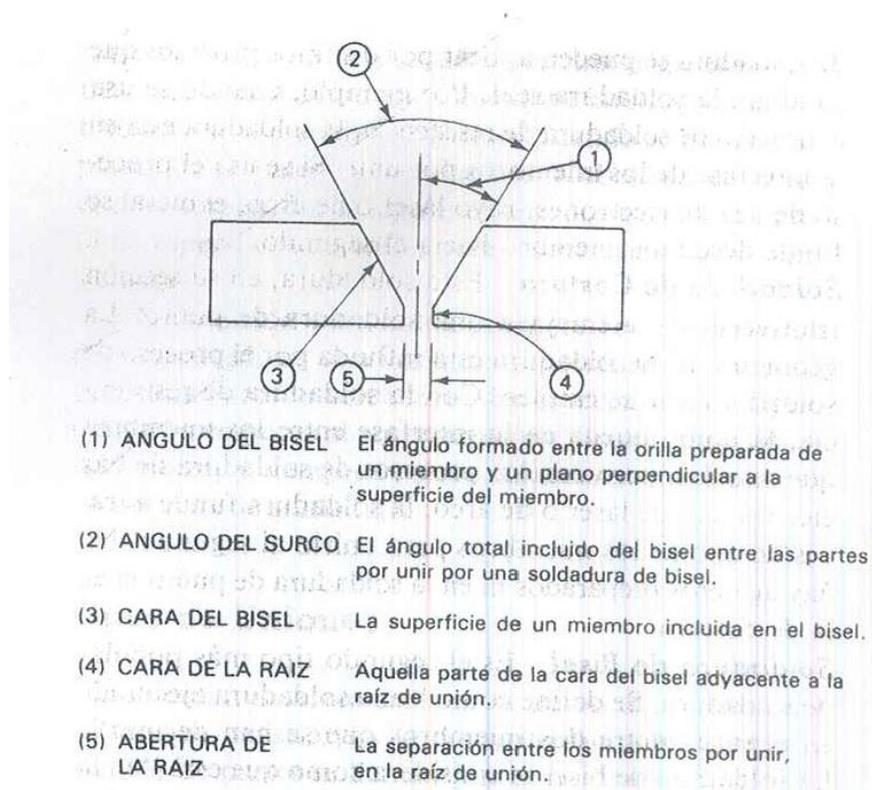
A- Más recomendado; B- Aceptable, pero no es la mejor selección; C- Uso restringido; NO- No recomendado.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/metodologia-reparacion-soldadura-recipientes-presion/metodologia-reparacion-soldadura-recipientes-presion.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2013].

La soldaduras que se utilizarán es la de método por fusión (SMAW), donde la que más se acomoda a la necesidad es el método de soldadura por arco eléctrico donde utiliza el calor surgido del arco eléctrico provocado con un electrodo metálico y el material básico.

En la soldadura aunque cuenta con cinco cordones de soldadura las partes son las mismas.

Figura 19. **Soldadura de bisel**

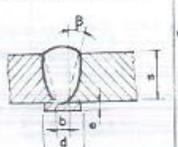
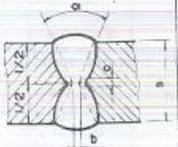
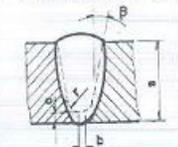
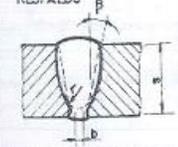


Fuente: Cary, Howard B. Manual de soldadura moderna. p. 618.

- Dado que el biselado efectuado en la chumacera es de tipo V doble o X, el proceso de la soldadura es depositar un primer cordón en un área no mayor a 2 mm, para sostener la pieza y tener una idea de la forma en que se necesitará la soldadura, para luego proseguir con los cordones necesarios para obtener el resultado deseado. No se debe dejar que la chumacera pierda su calor ya que no alcanza la fusión

deseada, por ello se debe estar atento, aplicando los cordones de soldadura.

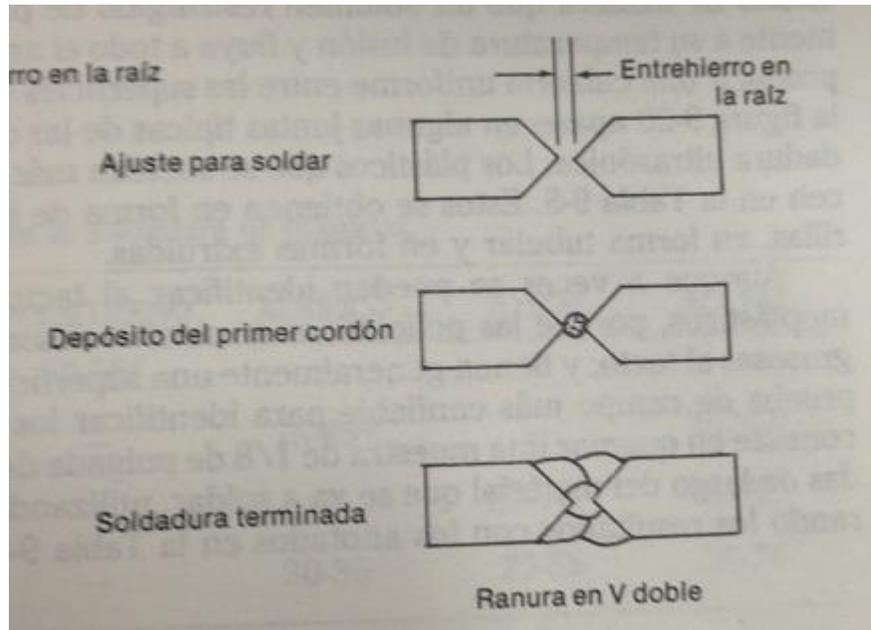
Tabla IX. Soldadura de fusión

No.	SIMB.	TIPO DE SOLDADURA	SOLDADURA		
			ARCO ELECT.		METALES
			MANUAL (acero)	POR LLAMA (acero)	BLANDOS EN ATMOSFERA PROTECTORA
9		 <p>V-UNION CON RESPALDO</p>	s desde 10 β 8 a 12 b 5 a 8 d 20 a 3 CON RESPALDO DE ACERO	s 5 a 30 β 12 a 15 b d d 8 a 14 - 30 a 50 a 3 CON RESPALDO DE ALUMINIO	
10		 <p>X-UNION</p>	s 12 a 40 β 50 a 60 b 3 a 3 c 0 a 2	s hasta 12 β 60 a 80 b 4 a 6 c 4 a 6	
11		 <p>U-UNION POR UN LADO</p>	s 16 a 40 β 8 a 12 b 2 a 3 c 2 a 3 r 5	s 15 a 30 β 12 a 15 b 0 a 1 c 4 a 6 r 8 a 10	
12		 <p>U-UNION CON RAIZ DE RESPALDO</p>	s 16 a 40 β 8 a 12 b 0 a 2 c 2 a 3 r 5		

Fuente: Méndez, Manuel Tito. Soldadura y defectoscopia. p. 34.

- El tipo de soldadura elegido es el de arco eléctrico, en donde se debe cuidar la regulación del amperaje deseado para soldar la chumacera, el mismo no debe de ser muy bajo ya que no se alcanza la fusión deseada, ni tampoco demasiado alto porque se obtiene demasiada penetración en el material base.

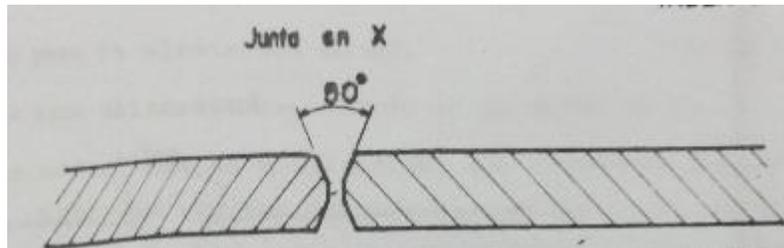
Figura 20. **Formas de aplicar los cordones de soldadura**



Fuente: Horwitz, Henry. Soldadura: aplicaciones y práctica. p. 217.

- La fuente de poder que se utilizará es del tipo rotatoria, accionada con motor de combustión interna diesel portátil marca Miller 302, donde sus especificaciones están detalladas en la siguiente tabla.

Tabla X. **Espesor y consumo de electrodo para piezas con bisel X**



Espesor S (mm)	Diámetro de Electrodo (mm)	Número de Pasadas
10	3	4
12	3+4	2+2
14	3+4	2+2
16	3+4	2+2
18	3+4	2+4
20	3+4+5	2+2+2
22	3+4+5	2+2+2
24	3+4+5	2+2+4
26	3+4+5	2+2+4
28	3+4+5	2+2+4
30	3+4+5	2+2+6
32	3+4+5	2+2+6
34	3+4+5	2+2+8
36	3+4+5	2+2+8
38	3+4+5	2+2+10
40	3+4+5	2+2+10

Fuente: Méndez, Manuel Tito. Soldadura y defectoscopia. p. 50.

4.2.1. Electrodo a utilizar

El electrodo a utilizar puede ser escogido con base en la Norma AWS/ASME: SFA-5.15, dado que la base a soldar es hierro fundido, el electrodo debe de tener base de níquel-hierro el cual se ajusta para realizar una buena soldadura, en el mercado hay gran variedad de electrodos y marcas, en este caso se soldará con un electrodo marca Tecweld Ferroniquel. Se puede apreciar en sus propiedades mecánicas puesto que el electrodo de ferro-niquel tiene una resistencia a la tensión de 55 000 psi y dureza de 171-200 HB.

Los electrodos de ferro-níquel, son muy importantes cuando se pretende obtener mayor resistencia a la tracción, al alargamiento y mayor resistencia a la fisuración. Se trabaja con arco corto y con baja intensidad, cuando se suelde hierro fundido los cordones deben ser cortos y estrechos ya que cordones anchos generan demasiadas tensiones y alargamientos, y cuando las piezas se enfrían las tensiones de contracción resultantes, pueden crear fisuras en el cordón o fracturar la pieza.

Tabla XI. **Datos generales de electrodo**

Datos Técnicos: Resistencia a la Tensión: 55.000 PSI / Dureza: 171-200 HB

Composición Química Típica: (%)

C	Si	Mn	Fe	Ni
0.80%	0.36%	1.45%	Rem.	55.5%

Amperajes recomendados:

Dia.	(mm)	2.6	3.2	4.0	5.0
Longitud	(mm)	300	350	350	350
Amp.	F	60~90	80~120	120~150	140~190

Fuente: Certificado de calidad proporcionado por ferretería la sirena que distribuye electrodo marca TECWELD.

- Enfriamiento. Se debe tomar en cuenta que luego de realizar el trabajo de soldadura es necesario controlar el enfriamiento de la chumacera, puede realizarse tomando la pieza e introduciéndola en un horno a una temperatura de 200 – 250 °C reduciendo la temperatura gradualmente, se puede introducir en un recipiente con cal y esperar a que la temperatura de la chumacera disminuya para ser sacada del mismo, puede envolverse en piezas de cuero y dejar que la temperatura disminuya.

Este procedimiento ayuda a que la chumacera no presente fracturas luego de ser soldada debido al cambio de temperatura demasiado brusco, liberando tensiones en el tiempo que disminuye la temperatura.

Figura 21. **Pieza reacondicionada terminada**



Fuente: elaboración propia. Guatemala, empresa en estudio.

4.3. Chumaceras reforzadas

Debido a la demanda y al trabajo continuo que desempeña este tipo de piezas, se puede dar una propuesta para generar un juego de chumaceras que no afecte su diseño, sino solamente realizar reforzamiento en algunas partes de la pieza en el momento de su fundición, en donde se pueda analizar el desempeño de la misma, ayudando a que en próximos trabajos de fundición las chumaceras ya cuenten con una estructura reforzada que ayudará a extender el tiempo de vida de la misma, reduciendo los tiempos de paro por mantenimiento y generando un mayor tiempo en la producción total mensual y anual, reflejándose en las ganancias de la empresa.

Figura 22. **Chumacera reforzada**



Fuente: elaboración propia. Guatemala, empresa en estudio.

4.4. Procedimiento de reacondicionamiento de chumacera

Se debe verificar si la chumacera tiene documentación y así poder tomar en cuenta para su reparación, se debe preparar la pieza limpiándola con un desengrasante el cual permita tener un panorama de lo que está sucediendo en la chumacera, se debe inspeccionar la chumacera con debida precisión para poder visualizar cualquier anomalía, falla, fractura, etc.

Asimismo, se toman las características físicas de la chumacera, espesor, longitud, altura, esto para luego determinar una solución en cuanto al problema, si la chumacera no presenta ninguna falla o anomalía se debe aplicar un lubricante que cumpla con proteger la chumacera de la fricción y el desgaste, en este caso se utilizará grasa No. 2.

Cuando se determinan las posibles causas y que proceso de reparación necesita, se toma la decisión de aplicar un proceso de soldadura si es posible, ya que si la pieza tiene una falla en algún área en donde no pueda ser soldada debe ser sustituida por otra chumacera. Si la chumacera puede ser reparada por soldadura se deben tomar en cuenta las características de soldabilidad del material base de la chumacera, esto para poder determinar qué tipo de soldadura y qué tipo de electrodo se adecúan para el proceso.

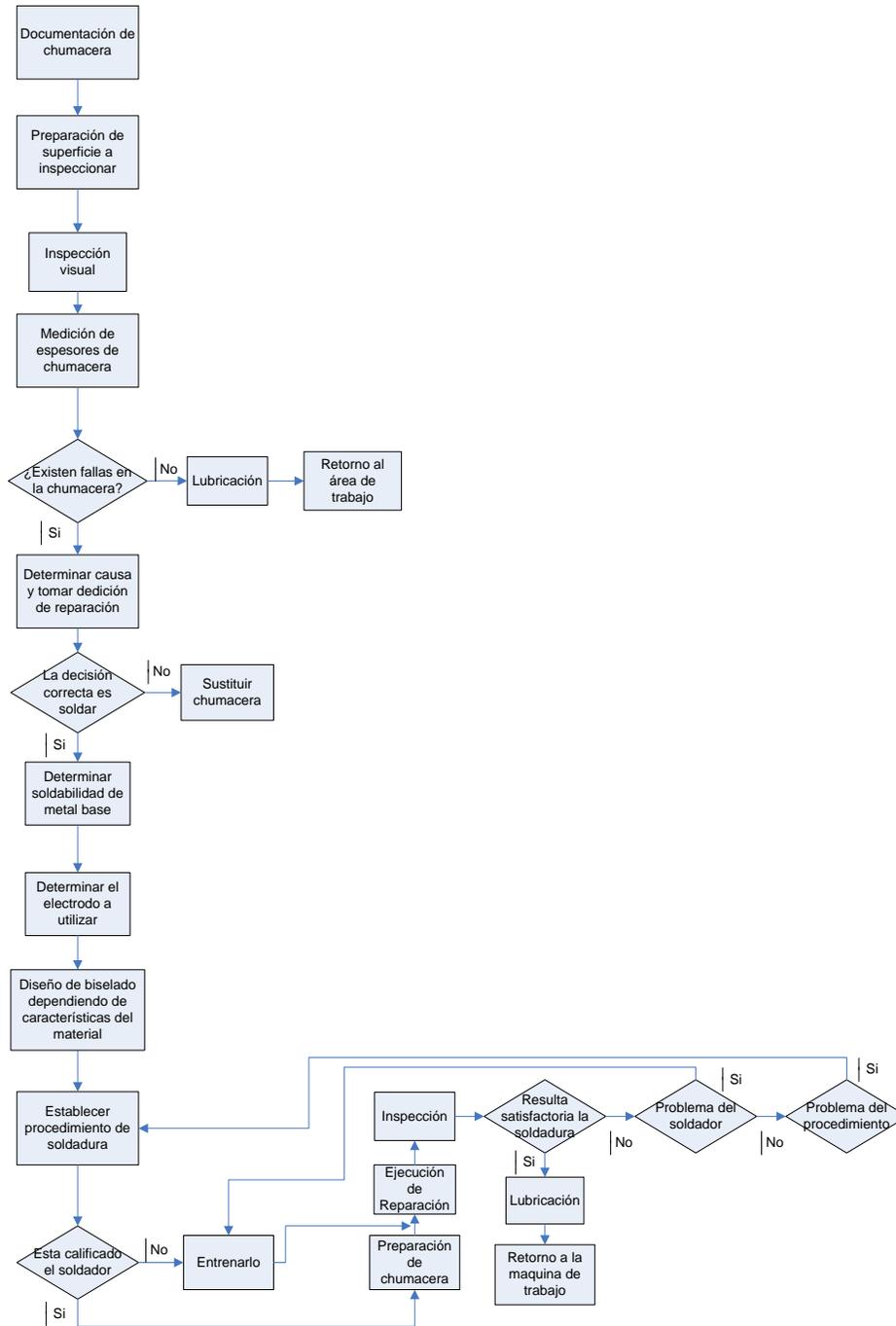
Se diseña el biselado que debe tener la pieza para que la soldadura que se aplique tenga las condiciones deseadas tomando en cuenta las características obtenidas de la chumacera. En el momento de elegir el procedimiento de soldadura se toma en cuenta, la soldabilidad del material, el proceso más económico, la capacidad del personal asignado al trabajo, etc.

Dentro de las características más importantes se tiene, si el soldador está capacitado para realizar el trabajo de soldadura ya que si no es apto, el proceso no tendrá los resultados necesarios, si el soldador no cuenta con la capacidad necesaria, se deberá capacitarlo para que pueda realizar el trabajo en un futuro ya que en trabajos de soldadura siempre es necesario que sean realizados por personas especializadas.

Luego se prepara la chumacera realizando los biseles que anteriormente fueron diseñados, dejando la pieza lista para ser precalentada, realizando éste con una antorcha de oxicorte hasta elevar la temperatura de la chumacera entre 200 °C y 250 °C para luego poder realizar el reacondicionamiento de la chumacera tomando el tiempo necesario para realizar una soldadura de características deseadas.

Si por alguna razón la soldadura no alcanza las características deseadas se debe de analizar el problema, si el problema es el soldador se debe capacitar aun más, si es problema del procedimiento se debe tomar en cuenta otro procedimiento, analizando de mejor manera todos los pasos anteriores. Cuando la reparación de la chumacera haya alcanzado las características deseadas se debe realizar un enfriamiento de la misma, lentamente. Sacando la pieza, debe de ser inspeccionada para que no presente ninguna deformidad o falla, realizando la lubricación necesaria, se instala en la máquina troqueladora Clearing de 200 toneladas para poder continuar con su trabajo.

Figura 23. Proceso de reacondicionamiento de chumacera



Fuente: elaboración propia. Proceso de reacondicionamiento de chumaceras.

5. RESULTADOS

5.1. Tablas de costos

En el siguiente cuadro se presenta un detalle del costo inicial y de operación por la compra de las dos chumaceras para eje de rodamiento nuevas, con el tiempo de vida útil estimado.

Tabla XII. **Costo de chumacera nueva**

Años	1	2	3
Costo	Q46 000,00	Q46 000,00	Q46 000,00

Fuente: elaboración propia.

El costo total de las dos piezas nuevas fabricadas por año tomando en cuenta tres años de producción es de Q. 138 000,00 con estimado de trabajo de 3 años, por lo que el costo distribuido en la producción mensual es Q. 3 833,33.

Tabla XIII. **Costo de reacondicionamiento de chumaceras**

Año	1	2	3
Costo	Q24 350,00	Q2 800,00	Q24 350,00

Fuente: elaboración propia.

El costo de llevar a cabo estos trabajos de reparación en piezas que han sido fabricadas a lo largo de un tiempo de 3 años es Q. 51 500,00, el costo mensual a distribuir en la producción sería de Q. 1 430,55.

Al realizar un comparativo del costo por la reparación y la compra de las dos piezas nuevas, se establece un ahorro del 63 % por la reparación con el estimado de el tiempo por reparación de las piezas es de 6 meses, y tomando como escenario el estudio en 3 años.

Debido a que se necesita mejorar el tiempo de vida de las chumaceras se generó esta propuesta la cual ayudó a mejorar el tiempo de vida de la pieza.

Tabla XIV. **Costo de chumacera reforzada**

Año	1	2	3
Costo	Q26 833.33	Q23 000.00	Q26 833.33

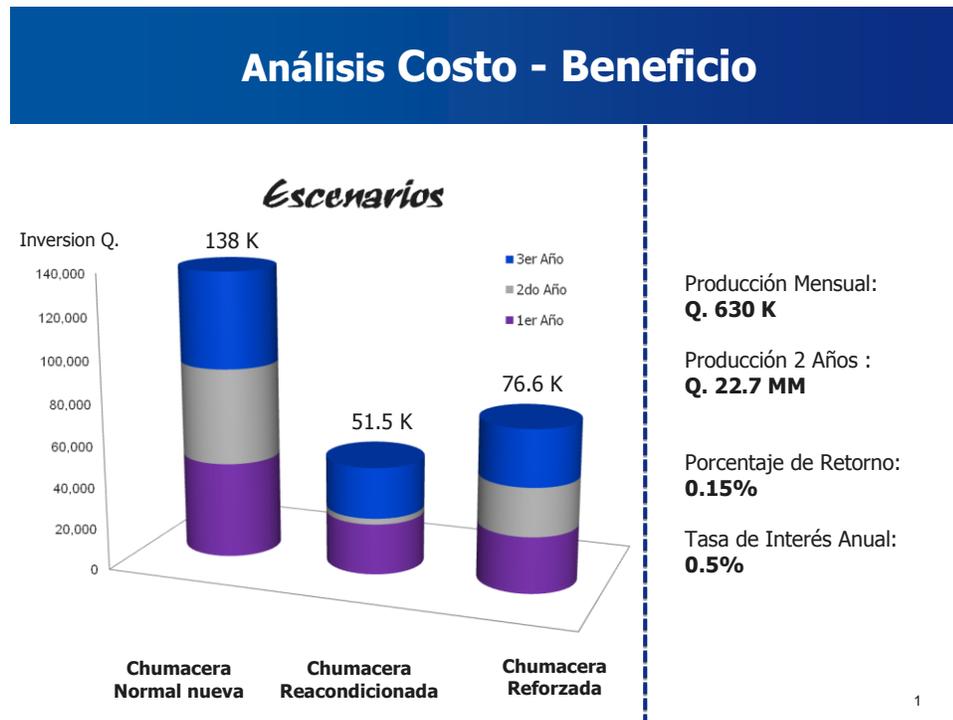
Fuente: elaboración propia.

El costo de realizar las chumaceras con refuerzo es de Q. 76 666,00, con una distribución mensual en los costos de producción de 3 años el cual es, Q. 2 129,61.

El comparativo de los costos por la reparación con refuerzo en las piezas es el siguiente:

- El costo por fabricar las chumaceras con refuerzo muestra un ahorro del 44 % en el estudio de 3 años al compararlo con el costo de compra de las chumaceras normales.

Figura 24. **Análisis de costos-beneficios**



Fuente: elaboración propia, con programa Excel Xp.

5.2. Análisis de costos

Entre los métodos más utilizados a la hora de analizar la rentabilidad de una inversión tenemos el análisis de costo-beneficio.

- C/B= Técnica de evaluación para medir los resultados de un proyecto o propuesta donde los resultados y costos pueden traducirse en unidades monetarias.
- $C/B = VAI / VAC$

- Según el análisis costo-beneficio, el proyecto o propuesta será rentable cuando el resultado sea $C / B > 1$.
- Tomando la tasa de interés anual de una año de 0,50 %.

Donde:

C/B = costo-beneficio

VAI = valor actual de los ingresos netos o beneficios

VAC = valor actual de los costos de inversión

$$C / B = (\text{Beneficios} / (1 + \text{Interés})^n) / (\text{Inversión inicial} / (1 + \text{Interés})^n)$$

Cálculo de resultados

La producción mensual en Q. es de Q. 630 000,00 en tres años el total de producción es de Q. 22 680 000,00 y con una tasa de interés anual de 0,50 %, esperando una tasa de rentabilidad del 15 %.

Tabla XV. **Costo-beneficio de chumacera reacondicionada**

Año	1	2	3	Total en 3 años
Costo	Q24 350,00	Q2 800,00	Q24 350,00	Q51 500,00

Fuente: elaboración propia.

$$B/C = (22\,680\,000.00 / ((1+0,15)^3)) / (51\,500\,00 / ((1+0,5)^3)) = 85,79 \%$$

B/C= 85, 79 % > 1 por lo que el proyectos es Rentable

Tabla XVI. **Costo-beneficio de chumacera reforzada**

Año	1	2	3	Total en 3 años
Costo	Q26 833, 33	Q23 000, 00	Q26 833, 33	Q76 666, 66

Fuente: elaboración propia.

$$B/C = (22\ 680\ 000,00 / ((1+0,15)^3)) / (76\ 666,00 / ((1+0,5)^3)) = 57,63 \%$$

B/C= 57,63 % > 1 por lo que el proyectos de reforzar las futuras chumaceras es rentable.

5.3. **Discusión de resultados**

En los equipos que se utiliza maquinaria con componentes de chumaceras, se ven beneficiados por estas mejoras, ya que tiene un tiempo más prolongado al momento de realizar los diferentes tipos de mantenimiento, por lo mismo se ve reflejado en el aumento de producción en un periodo de tiempo similar.

En la industria en donde los equipos de trabajo se basan fundamentalmente en máquinas de troquelar, tienen un mayor ahorro con piezas reacondicionadas ya que el costo en tres años disminuye en un 63 %.

En un futuro pueden realizar reacondicionamientos en piezas, las cuales permitan mejorar los tiempos de paro por mantenimiento, haciendo más rentable este proceso.

El reacondicionamiento de piezas en general ha mejorado la eficiencia del mantenimiento y producción de la industria en general.

Debido a que las chumaceras reacondicionadas no durarán más de 2 años es necesario crear unas chumaceras reforzadas, las cuales realizan el mismo trabajo con un tiempo de vida más prolongado que ayuda a generar mejoras en la eficiencia del mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Es necesario cumplir el proceso de reacondicionamiento de chumaceras, ya que cualquier variación puede generar problemas en la fusión de la soldadura y aumentar con ello el gasto.
2. Para el trabajo de reacondicionamiento de piezas de hierro fundido negro, se siguen los siguientes pasos: limpieza, biselado, precalentamiento, soldadura, y para finalizar la pieza se enfría lentamente.
3. Al realizar trabajos de soldadura en chumaceras se puede generar variaciones en la superficie, por lo que se necesita equipo para la limpieza de la superficie debido al exceso de escoria que el material genera, con el fin que la pieza se acople lo mayor posible al área de trabajo, las impurezas pueden generar burbujas de oxígeno en el cuerpo de la soldadura que en el futuro ocasionan fracturas en área de la pieza soldada.
4. La mala limpieza de la base de la pieza, mal precalentamiento de la pieza y mala selección del electrodo con el que se realice el trabajo, puede dar como resultado problemas en el proceso de reacondicionamiento de piezas de hierro fundido.

5. En el proceso de reacondicionamiento de chumaceras, se debe utilizar electrodo adecuado para el trabajo en piezas de hierro fundido, siendo los electrodos con base en níquel-hierro, requeridos para elaborar dichos trabajos.
6. En la fundición de la chumacera reforzada es necesario que la mezcla del material a fundir sea lo más uniforme, para que la misma cumpla con la propiedades físicas y químicas evitando problemas en el futuro.
7. Para realizar un trabajo de soldadura deben tomar en cuenta las condiciones en las cuales se trabajará, el material al cual se le aplicará la soldadura, personal calificado, con base en esto deben tomar la decisión del tipo de soldadura que se adecúe con las condiciones y necesidades planteadas.
8. Al escoger el tipo y calibre de electrodo se deben conocer las características del material base, equipo que se utilizará en la aplicación de la soldadura, para que la chumacera no presente problemas de fractura en el área tratada.

RECOMENDACIONES

1. Actualmente el costo de mantenimiento de las máquinas troqueladoras es alto, por lo que cualquier mejora en la durabilidad de las piezas es fundamental para la reducción de costos en el Departamento de Mantenimiento.
2. Los materiales que se utilizan para el reacondicionamiento de la chumacera, deben ser de la mejor calidad que se pueda encontrar en el mercado, para aumentar la eficiencia de la pieza ya terminada.
3. Es importante para la industria alcanzar los tiempos de vida esperada de los equipos, evitando parar los mismos por motivo de mantenimiento, aumentando la producción total que se genera.
4. Constantemente se debe realizar análisis financieros para conocer las ventajas que se tiene al realizar cambios, como el propuesto en esta investigación ya que benefician considerablemente a la empresa.
5. Se sugiere tomar en cuenta todas las variables para que el cambio se logre de la mejor manera, personal de mantenimiento, proveedores externos y el presupuesto para cambios a realizar.
6. En la industria guatemalteca la mayoría de troqueladoras presentan problemas de fractura de chumaceras, debido a esto el presupuesto se eleva generando gastos en el mantenimiento, tomando en cuenta el proceso de reacondicionamiento propuesto se disminuirán los costos,

mejorarán los tiempos que se debe parar la maquinaria, haciendo más eficiente la empresa.

7. Las piezas reacondicionadas tienen su vida útil, es por ello que debe fabricarse un juego de chumaceras con sus bases reforzadas en las áreas donde los esfuerzos generan mayor daño, esto sin afectar el diseño original de la chumacera.

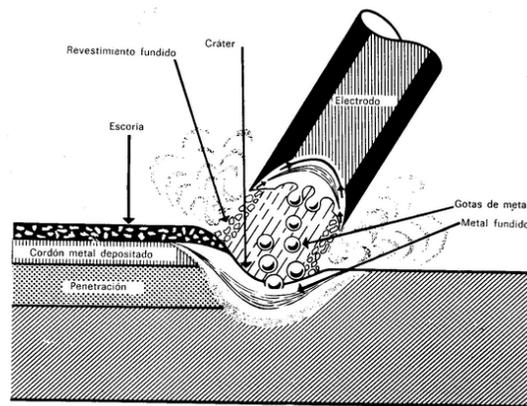
BIBLIOGRAFÍA

1. ALDABALDETRECU, Patxi. *Evolución técnica de la máquina-herramienta*. [en línea]
<www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolución-tecnica-de-la-maquina-herramientas-Resea-historica.html>
[Consulta: 19 de agosto del 2013].
2. CARY, Howard B. *Manual de soldadura moderna*. 2a ed. Tomo 3. México: Prentice-Hall Hispanoamérica, 1980. 841 p.
3. COHEN, Ernesto; FRANCO Rolando. *Evaluación de proyectos sociales*. 7a ed. México: Siglo XXI, 2006. 253 p.
4. DE MONROY, Cristóbal. *Procedimientos de unión: soldadura*. [en línea]
<<http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>> [Consulta: 19 de agosto del 2013].
5. HAYDEN, Wayne. *Propiedades mecánicas*. Miguel Verduzco Rodríguez. (Trad.) México: Limusa, 1982. 253 p.
6. HORWITZ, Henry, P.E. *Soldadura: aplicaciones y práctica*. Dutchess Community College. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1976. 786 p.
7. JEFFUS, Larry; ROWE, Richard. *Manual de soldadura: GMAW (MIG-MAG)*. México: Clases Oreoyen, 2008. 224 p.

8. KALPAKJIAN, Serope; Steven R.; SCHMID Gabriel. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Sánchez García, Ulises. (Trad.) Revisión técnica Figueroa López. México: Prentice Hall, 2002. 1295 p.
9. MÉNDEZ, Manuel Tito. *Soldadura y defectoscopia*. La Habana: Editorial del Ministerio de la Construcción, 1990. 206 p.
10. *La prensa*. [en línea]
<<http://campus.fortunecity.com/duquesne/623/home/prensa/prensa.html>>[Consulta: 5 de agosto de 2013].

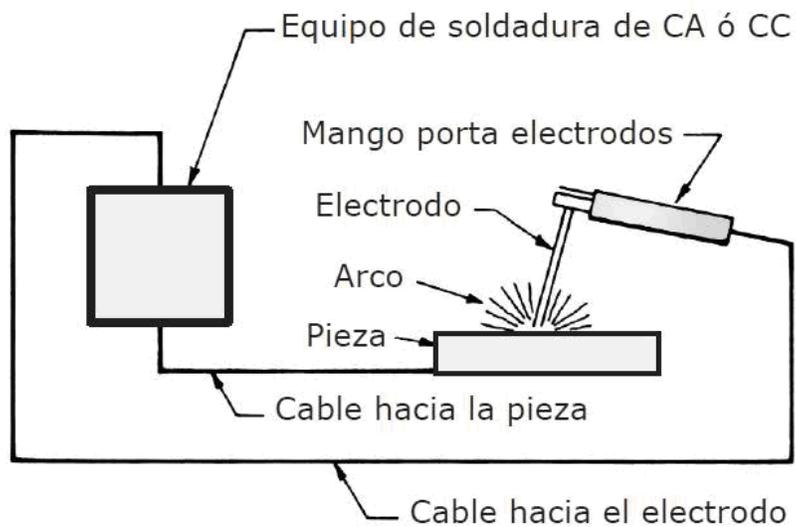
ANEXOS

a. Características de soldadura AWS



Fuente: <http://www.atmosferis.com/soldadura-por-arco-manual-con-electrodo-revestido/>,
[Consulta: 14 agosto 2013].

b. Circuito básico para soldar por arco eléctrico



Fuente: <http://www.autovazclub.com/t1835-2-equipo-electrico-basico-para-soldadura-por-arco>, [Consulta: 14 de agosto 2013].

c. Características fundamentales de los principales tipos de electrodos.

Tipo de electrodo	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
Ácido	<ul style="list-style-type: none"> -bajo coste -arco estable -corriente CA y CC -escoria fácil de eliminar -elevada desoxidación -fácilmente conservables 	<ul style="list-style-type: none"> -baño fluido -escaso efecto de limpieza -elevado aporte de hidrógeno -escoria no se puede refundir 	<ul style="list-style-type: none"> -soldadura en horizontal -aceros bajo en carbono y con poca presencia de impurezas -soldaduras económicas y con características mecánicas aceptables (buena resistencia, pero con riesgo de grietas)
Rutilo	<ul style="list-style-type: none"> -bajo coste -arco estable -fácil cebado -corriente CA y CC -cordón de estética mejor -fácil conservación 	<ul style="list-style-type: none"> -baño fluido -escaso efecto de limpieza -elevado aporte de hidrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> -soldadura en horizontal -soldadura en vertical y en esquina para pequeños espesores -aceros bajo en carbono y con poca presencia de impurezas -soldaduras de estética buena y de características mecánicas aceptables (buena resistencia, pero con riesgo de grietas)
Celulósico	<ul style="list-style-type: none"> -elevada penetración -elevada manejabilidad -escoria reducida 	<ul style="list-style-type: none"> -son necesarios generadores de CC con elevada tensión de vacío -elevado aporte de hidrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> -soldadura en todas las posiciones, incluida la vertical descendente -soldaduras en tubos o donde no sea posible el cordón al reverso -soldaduras en la que el acceso del electrodo resulta crítico -aceros bajos en carbono con escasa presencia de impurezas
Básicos	<ul style="list-style-type: none"> -óptima limpieza del material -aporte de hidrógeno muy reducido -baño frío 	<ul style="list-style-type: none"> -arco poco estable -escoria que no se puede refundir y de difícil eliminación -arco corto y difícil de trabajar -cebado difícil -generadores de CC -de difícil conservación 	<ul style="list-style-type: none"> -soldaduras en todas las posiciones, incluso con grandes espesores -elevadas velocidades de depósito -soldaduras de elevada calidad mecánica, incluso con materiales que contengan impurezas

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn45.html>, tutorial No. 45,
[Consulta: 14 de agosto 2013].

d. Valores de soldadura según tipo y diámetro de electrodo.

Valores medio de la Corriente (A)							
Diámetro electrodo (mm)	1,60	2,00	2,50	3,25	4,00	5,00	6,00
Electrodo Ácido	-	-	-	100-150	120-190	170-270	240-380
Electrodo Rutilo	30-55	40-70	50-100	80-130	120-170	150-250	220-370
Electrodo Celulósico	20-45	30-60	40-80	70-120	100-150	140-230	200-300
Electrodo Básico	50-75	60-100	70-120	110-150	140-200	190-260	250-320

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn45.html>, tutorial No. 45, [14 de agosto 2013].

