

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UN MANDRINADOR PORTÁTIL  
DE BAJO COSTO PARA RECTIFICACIONES  
DE AGUJEROS DE 50 A 200 MM DE  
DIÁMETRO PARA UNA EMPRESA  
METALMECÁNICA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**DAVID ALEJANDRO CAJACURI ACOSTA**

Callao, 2021

**PERÚ**

**ACTA N° 004 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO .....FOLIO No. .... ACTA N° 004 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 25 días del mes febrero, del año 2021, siendo las 16:18 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/nqn-npve-juc>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán : Presidente
- Dr. Pablo Mamani Calla : Secretario
- Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa : Miembro
- Msc. Gustavo Ordoñez Cardenas : Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **CAJACURI ACOSTA DAVID ALEJANDRO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"DISEÑO DE UN MANDRINADOR PORTÁTIL DE BAJO COSTO PARA RECTIFICACIONES DE AGUJEROS DE 50 A 200 MM DE DIÁMETRO PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **16 (dieciseis)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 16:54 horas del 25 del mes y año en curso.



.....  
Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldán  
Presidente de Jurado



.....  
Dr. Pablo Mamani Calla  
Secretario de Jurado



.....  
Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa  
Miembro de Jurado



.....  
Msc. Gustavo Ordoñez Cardenas  
Asesor

**“DISEÑO DE UN MANDRINADOR PORTÁTIL  
DE BAJO COSTO PARA RECTIFICACIONES  
DE AGUJEROS DE 50 A 200 MM DE  
DIÁMETRO PARA UNA EMPRESA  
METALMECÁNICA”**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, quien inspiraron mi espíritu para la conclusión de esta investigación y brindaron su apoyo en el proceso de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y docentes en general, gracias a sus enseñanzas me permitieron culminar la carrera y lograr la meta de convertirme en Ingeniero Mecánico.

A mis compañeros de la carrera con quienes compartimos experiencias que fueron esenciales para lograr este objetivo.

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>3</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>4</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>8</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>10</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	10
1.2. Formulación del problema.....	10
1.2.1. Problema General .....	10
1.2.2. Problemas específicos .....	11
1.3. Objetivos de la investigación.....	11
1.3.1. Objetivo general .....	11
1.3.2. Objetivos específicos.....	11
1.4. Limitantes de la investigación .....	11
1.4.1. Limitación teórica.....	11
1.4.2. Limitación temporal .....	12
1.4.3. Limitación espacial .....	12
<b>II. MARCO TEORICO</b> .....	<b>13</b>
2.1. Antecedentes de estudio.....	13
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	13
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	14
2.2. Bases Teóricas .....	15
2.3. Conceptual.....	20
2.4. Definición de términos básicos .....	21

<b>III. HIPOTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>27</b>
3.1. Hipótesis .....	27
3.1.1. Hipótesis general.....	27
3.1.2. Hipótesis Específicas .....	27
3.2. Definición conceptual de variables.....	27
3.2.1. Operacionalización de variables.....	27
<b>IV. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>29</b>
4.1. Tipo y diseño de investigación .....	29
4.2. Método de la investigación.....	29
4.3. Población y muestra.....	30
4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	31
4.5. Análisis y procesamiento de datos.....	32
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
<b>VI. DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>57</b>
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	57
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	59
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	61
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>
Anexo N° 1 Matriz de consistencia .....	68
Anexo N° 2 Instrumentos validados.....	69
Anexo N° 3 Otros anexos .....	71
Anexo N° 4 Planos.....	81
Anexo N° 5 Código AWS D1.1-2015 .....	89

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 3. 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	28
Tabla N° 4. 1 TÉCNICA EMPÍRICA .....	31
Tabla N° 4. 2 TÉCNICA DOCUMENTAL .....	32
Tabla N° 4. 3 MOMENTOS MÁXIMOS EN LAS CUCHILLAS C1 Y C2 EN LAS POSICIONES 1 Y 2 .....	40
Tabla N° 4. 4 CARGAS EN APOYOS A Y B PARA LAS POSICIONES 1 Y 2. 44	
Tabla N° 4. 5 INTERPOLACIÓN DE VALOR X2 Y Y2 .....	45
Tabla N° 4. 6 ITERACIÓN ENTRE DIÁMETRO DE BARRA Y ESFUERZO MÁXIMO .....	47
Tabla N° 5. 1 LISTA DE MATERIALES DEL MANDRINADOR PORTÁTIL .....	53
Tabla N° 6. 1 HIPOTESIS - RESULTADOS.....	57
Tabla N° 6. 2 HIPOTESIS ESPECIFICA I - RESULTADOS .....	58
Tabla N° 6 3 HIPOTESIS ESPECIFICA II - RESULTADOS .....	59
Tabla N° 6. 4 CONTRASTACION DE RESULTADOS CON OTRO MANDRINADOR EN EL MERCADO .....	60

## INDICE DE FIGURAS

Imagen N° 2. 1 PROCESO DE MANDRINADO .....	15
Imagen N° 2. 2 PROCESO DE RECTIFICADO .....	16
Imagen N° 2. 3 PROCESO DE MECANIZADO .....	17
Imagen N° 2. 4 PROCESO DE BRUÑIDO .....	17
Imagen N° 2. 5 ACABADO SUPERFICIAL .....	18
Imagen N° 2. 6 TORNO – MÁQUINA HERRAMIENTA.....	18
Imagen N° 2. 7 HERRAMIENTAS DE CORTE PARA MECANIZADO .....	19
Imagen N° 2. 8 FRESADORA .....	19
Imagen N° 2. 9 MODELO DESCRIPTIVO LINEAL DEL DISEÑO .....	21
Imagen N° 2. 10 ESFUERZOS .....	22
Imagen N° 2. 11 TORSIÓN .....	23
Imagen N° 2. 12 DIAGRAMA DE ESFUERZO (CONVENCIONAL Y REAL) VS DEFORMACIÓN DE ACEROS .....	24
Imagen N° 4. 1 UBICACIÓN KALE INGENIEROS S.A. ....	30
Imagen N° 4. 2 UBICACIÓN RBE INGENIEROS E.I.R.L.....	31
Imagen N° 4. 3 DIAGRAMA LÓGICO .....	32
Imagen N° 4. 4 LISTA DE EXIGENCIAS .....	33
Imagen N° 4. 5 FUERZAS ACTUANTES EN EJE PORTAHERRAMIENTAS..	35
Imagen N° 4. 6 POSICIÓN DE LAS CUCHILLAS DE CORTE C1 Y C2 .....	36
Imagen N° 4. 7 POSICIÓN DE LAS CUCHILLAS DE CORTE C1 Y C2 RESPECTO AL EJE PORTACUCHILLAS .....	36
Imagen N° 4. 8 PLANO X-Y DE EJE PORTAHERRAMIENTAS .....	37
Imagen N° 4. 9 PLANO X-Z DE EJE PORTAHERRAMIENTAS .....	38
Imagen N° 4. 10 DIAGRAMA DE VECTOR CORTANTE Y MOMENTOS EN PLANO X-Y DE LA CUCHILLA C1 EN LA POSICIÓN 1.....	38
Imagen N° 4. 11 DIAGRAMA DE VECTOR CORTANTE Y MOMENTOS EN PLANO Y-Z DE LA CUCHILLA C1 EN LA POSICIÓN 1 .....	39
Imagen N° 4. 12 SOLDADURA EN PUNTOS DE APOYO DEL MANDRINADOR .....	49
Imagen N° 4. 13 FUERZAS Y MOMENTOS EN PUNTO A DE SOLDADURA	50

Imagen N° 4. 14 SOLDADURA ENTRE PLACA Y ALOJAMIENTO DE PERNO .....	52
Imagen N° 5. 1 ANÁLISIS DE DISEÑO 1 .....	53
Imagen N° 5. 2 ANÁLISIS DE DISEÑO 2 .....	54
Imagen N° 5. 3 ANÁLISIS DE DISEÑO 3 .....	54
Imagen N° 5. 4 ANÁLISIS EN EJE PORTACUHILLAS EN POSICION 1 CUCHILLA 1 .....	55
Imagen N° 5. 5 ANÁLISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD EN POSICION 1 CUCHILLA 1 .....	55
Imagen N° 5. 6 ANÁLISIS EN EJE PORTACUHILLAS EN PUNTO DE MAXIMO MOMENTO .....	56
Imagen N° 5. 7 ANÁLISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD EN PUNTO DE MAXIMO MOMENTO.....	56

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evocó a realizar el diseño de una máquina herramienta para la industria metalmecánica. Esta industria tiene partes involucradas en los procesos de producción y mantenimiento.

Es en este proceso que se enfoca la presente tesis, el diseño de un mandrinador portátil, que cubre las necesidades de rectificado de agujeros a precisión sea en taller o en campo, se vio la necesidad de realizar el diseño de esta máquina herramienta debido a que las empresas más pequeñas del sector metalmecánico no lo poseen o tienen desconocimiento de ésta, muy aparte del alto coste que representa en el mercado.

Es una investigación de tipo tecnológico – aplicada, diseño descriptivo comparativo.

Esta máquina herramienta será diseñada a fin de recuperar, mandrinar agujeros de maquinarias ya sea en campo o en el mismo taller con mayor facilidad entre los diámetros de 50mm hasta los 200mm, en piezas de acero. Para el presente diseño se realizó una lista de exigencias para encontrar las necesidades de los trabajos que realizará el mandrinador portátil y posteriormente se realizaron los cálculos y selección de componentes que conforman la máquina herramienta.

El diseño de todos los elementos se realizó utilizando normas y catálogos, basándome también en materiales que se pueden conseguir fácilmente en el mercado nacional.

**Palabras claves:** Mandrinador, Diseño mecánico, Teoría de corte, Mecanismos, portátil, Rectificación.

## **ABSTRACT**

In the present research work, the design of a machine tool for the metalworking industry was evoked. This industry has parties involved in the production and maintenance processes.

It is in this process that this thesis is focused, the design of a portable boring machine, which covers the needs of precision grinding of holes either in the workshop or in the field, the need to design this machine tool was seen because the smallest companies in the metalworking sector do not have it or are unaware of it, quite apart from the high cost it represents in the market.

It is a technological-applied research, comparative descriptive design.

This machine tool will be designed in order to recover, bore holes in machinery either in the field or in the same workshop with greater ease between diameters of 50mm to 200mm, in steel parts. For the present design, a list of requirements was made to meet the needs of the work to be carried out by the portable boring machine and later the calculations and selection of components that make up the machine tool were made.

The designs of all the elements were made using standards and catalogs, also based on materials that are easily available in the national market.

**Keywords:** Mandrinator, Mechanical design, Cutting theory, Mechanisms, portable, Rectification.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene por objetivo el diseño de un artículo de necesidad para muchas empresas metalmeccánicas en proceso de crecimiento en la actualidad, un mandrinador portátil, pues es muy utilizado en empresas de este rubro, entre otros, mostraremos el método y procedimientos básicos para diseñar una máquina herramienta que satisfaga los requerimientos de mandrinado ya sea en un taller o realizando un trabajo en obra que desde el mejor punto de vista sea económico y eficiente.

Hoy en el Perú las empresas manufactureras metalmeccánicas componen un total del 15% del total de empresas nacionales, además de ser una industria con alta participación en el total de exportaciones manufactureras.

De este porcentaje el 96.2% son microempresas, 3.2% pequeña y 0.1% medianas (Ministerio de la Producción, 2020), para nuestro estudio realizaremos el análisis de costos en régimen de microempresa debido al alto porcentaje que representa.

En pequeñas empresas donde no se cuenta con alto capital, es necesario implementar una máquina herramienta que sirva de sostén para trabajos en taller y campo, la idea de realizar esta tesis nace ante la necesidad de tener esta máquina herramienta.

El diseño de esta máquina herramienta es esencial para los trabajos en taller ya sea de reparación o mantenimiento y también en campo, esta última realizada en el 98% de empresas de acuerdo al requerimiento de los clientes, debido a su uso haciendo que este sea pequeño y su costo de operación e inversión menores. De lo contrario el equipo resultará incorrectamente dimensionado y no trabajará a su máxima capacidad lo que resultaría no económico y mucho menos eficiente.

En el Capítulo I se plantea y formula el problema para afinar y estructurar formalmente la idea de investigación, en el Capítulo II, se da un marco conceptual para definir con precisión los conceptos más importantes que sirven de fundamento y orientación al desarrollo de la investigación, en el Capítulo III,

se identifica las variables para realizar su respectiva operacionalización y posteriormente formular las hipótesis como respuestas a los objetivos, al problema de la investigación y fundamentadas por el marco conceptual. En el Capítulo IV, el planteamiento y el marco teórico indican el tipo y diseño de investigación, a su vez nos llevará a seleccionar el método de investigación, definir la población y muestra, lugar de estudio y periodo desarrollado además de las técnicas e instrumentos para recolectar datos y su posterior análisis y procesamiento de datos. En el Capítulo V, se muestran los resultados obtenidos a partir del Capítulo anterior. En el Capítulo VI, Se detalla la discusión de resultados con las hipótesis y con otros estudios similares. En los siguientes Capítulos se detallaron las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El trabajo diario y en ocasiones donde existe la falta de una herramienta, que pueda trabajar en cualquier lugar, de manera rápida para mandrinar distintos materiales (aceros), para ello es de necesidad imprescindible una máquina herramienta que brinde la facilidad de la actividad mencionada.

Para llegar a ello necesitamos de una máquina que mejore el proceso de manufactura, rectificado de los materiales y permita realizarlo en el menor tiempo posible.

Un mandrinador portátil es un artículo de necesidad que ahora es accesible de obtener, sin embargo, para empresas que son pequeñas el costo es muy elevado, tenemos que diseñarlo de manera que maximicemos eficiencia y un costo de fabricación mínimo.

En general se utiliza de la siguiente forma, se unen a la pieza a mecanizar mediante soldadura y debido a que las piezas a mecanizar son de gran tamaño, las mismas sirven de bancada o base para la máquina herramienta. La operación de mandrinado se realiza introduciendo una barra, de sección circular en el orificio a mandrinar y en esta barra se coloca una herramienta de corte perpendicular al eje de la barra. Al hacer girar la barra, la herramienta va desprendiendo material del orificio y haciendo avanzar linealmente la barra se completa el mecanizado.

### **1.2. Formulación del problema**

#### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo diseñar un mandrinador portátil de bajo costo que permita rectificar agujeros de 50 a 200mm de diámetro para una empresa metalmecánica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo realizar el diseño mecánico de la máquina herramienta mandrinador portátil?
- ¿Cómo seleccionar los componentes electromecánicos adecuados para el funcionamiento de la máquina herramienta mandrinador portátil?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un mandrinador portátil de bajo costo mediante un enfoque analítico e ingenieril para lograr trabajos de rectificación de agujeros de 50 a 200mm de diámetro para una empresa metalmecánica.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Realizar el diseño mecánico de la máquina herramienta mandrinador portátil.
- ✓ Seleccionar correctamente los componentes electromecánicos adecuados para el funcionamiento de la máquina herramienta mandrinador portátil.

## **1.4. Limitantes de la investigación**

### **1.4.1. Limitación teórica**

Para la presente tesis, se usarán fórmulas de resistencia de materiales como también los conocimientos de cálculo de elementos de máquinas, diseño de máquinas, maquinaria industrial, procesos de manufactura y dibujo mecánico los cuales se verán reflejados en la parte de Análisis y procesamiento de datos.

#### **1.4.2. Limitación temporal**

La presente tesis se desarrollará entre los meses de octubre 2020 a febrero 2021.

#### **1.4.3. Limitación espacial**

Esta investigación se limita al sector de empresas metalmecánicas en donde conseguí los datos para dimensionar la máquina herramienta de la presente tesis que surgió de mi experiencia en este sector.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de estudio

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

- (China, 2015), en su tesis titulada: "DISEÑO DE UNA MANDRINADORA PORTÁTIL", el diseño obtenido para la máquina-herramienta deberá satisfacer los requerimientos mecánicos necesarios para operaciones de mandrinado en las situaciones descritas a posteriori en el documento.

De la presente tesis se obtuvieron los detalles para la selección de tornillos y tuercas utilizados en mi tesis.

- (Navarrete, 2015), en su tesis titulada: "DISEÑO DE UNA MÁQUINA FRESADORA-BARRENADORA CNC, en la actualidad este tipo de máquinas tienen una gran versatilidad, pueden estar al alcance de todos, es posible adquirirlas a bajos costos, pequeños negocios pueden tener acceso a ellas, agilizando su interacción productiva.

De la presente tesis se obtuvo la idea de realizar simulación al eje portaherramientas para verificar nuestro diseño.

- (Ibarzabal, 2017), en su tesis titulada: "METODOLOGÍA INTEGRAL PARA EL DISEÑO Y PROPUESTA DE OPERACIÓN MEJORADA DE FRESADORAS PORTABLES CON CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN GLOBAL DE CAPACIDADES", La fabricación y el mantenimiento de piezas de gran tamaño se realizan a día de hoy mediante máquinas grandes cuando se realizan en taller y máquinas especiales cuando las tareas se llevan a cabo in-situ.

De la presente tesis se toma la idea de portabilidad de máquinas para la industria metalmeccánica.

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

- (Mayta Nina, y otros, 2019), en su tesis titulada: "DISEÑO DE PROTOTIPO DE BARRENADORA PORTATIL PARA MEJORAR EL PROCESO DE BARRENADO DE LA EMPRESA RESER JAVIER.S E.I.R.L", El presente trabajo está enfocado a mejorar el proceso de barrenado en las articulaciones de brazos y palas de maquinaria pesada en la empresa RESER JAVIER.S EIRL de Arequipa, a través del diseño de una barrenadora portátil.

Este trabajo de titulación ha permitido guiarme en la elaboración de la lista de exigencias.

- (Vigo, 2017), en su tesis titulada: "DISEÑO Y FABRICACION DE UN REFRENTADOR PORTÁTIL PARA TRABAJOS INSITU EN MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA ESCO PERÚ", se realizó el diseño del dispositivo de refrentado basándose en las situaciones, necesidades y problemas encontrados en la situación actual, dispositivo que resolvió la problemática que existía en la empresa.

Basándonos en los resultados obtenidos se concluye, que para mejorar significativamente los trabajos Insitu y sobre todo el proceso de refrentado de caras de los componentes de maquinaria pesada, era necesario el diseño de un dispositivo que cuente con características de trabajo similares a los refrentadores importados, pero fabricado con tecnología nacional a un menor costo de producción y con materiales disponibles en el mercado local.

De la presente tesis se tomó la idea de realizar el diseño del mandrinador portátil con tecnología nacional y no realizar la compra de uno importado.

- (Choton, 2017), “DISEÑO DE UNA MAQUINA PORTATIL PARA MANDRINAR LOS ALOJAMIENTOS DE LOS PINES EN LOS CUCCHARONES DE LOS CARGADORES FRONTALES 966H CAT DE LA EMPRESA CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. (CMH)”, mediante las técnicas de recolección de datos como la observación en campo y el análisis de documentos se logró conocer las características de los alojamientos para pines de los cucharones de los cargadores frontales 966h CAT como el diámetro de 4 pulgadas y el material de acero de alta resistencia que lo conforma.

De la presente tesis se obtuvo la idea de realizar la recolección de datos mediante una entrevista y guía de observación.

## 2.2. Bases Teóricas

- **Mandrinar**

Se llama mandrinado a una operación de mecanizado que se realiza en agujeros de piezas ya realizados para obtener mayor precisión dimensional, mayor precisión geométrica o una menor rugosidad superficial, pudiéndose utilizar para agujeros cilíndricos como cónicos, así como para realizar roscas interiores.

*Imagen N° 2. 1 PROCESO DE MANDRINADO*

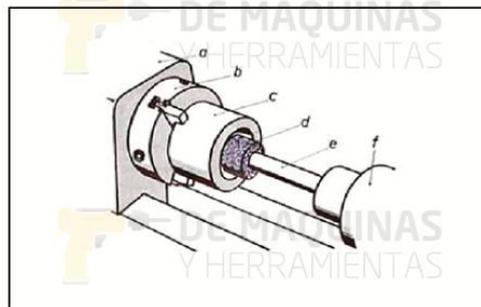


Fuente: Imagen tomada de (SANDVIK, 2018)

- **Rectificado**

El rectificado es habitualmente un proceso de acabado de piezas, utilizándose en la etapa final de fabricación, tras el torneado o fresado, para mejorar la tolerancia dimensional y el acabado superficial del producto. El rectificado es una operación de mecanizado realizada en piezas que demandan medidas y tolerancias exigentes, ya sean geométricas, dimensionales o de acabado superficial.

*Imagen N° 2. 2 PROCESO DE RECTIFICADO*



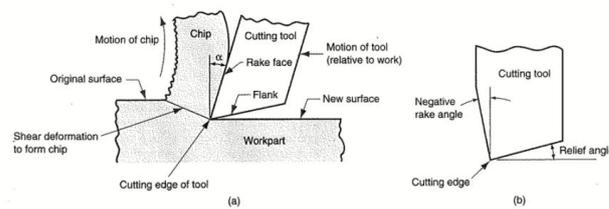
Fuente: Imagen tomada de (DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2020)

- **Mecanizado**

Es un proceso de manufactura en el que una Herramienta de Corte se utiliza para remover el exceso de material de una pieza de forma que el material que quede tenga la forma deseada.

La acción principal de corte consiste en aplicar deformación en corte para formar la viruta y exponer la nueva superficie.

### Imagen N° 2. 3 PROCESO DE MECANIZADO

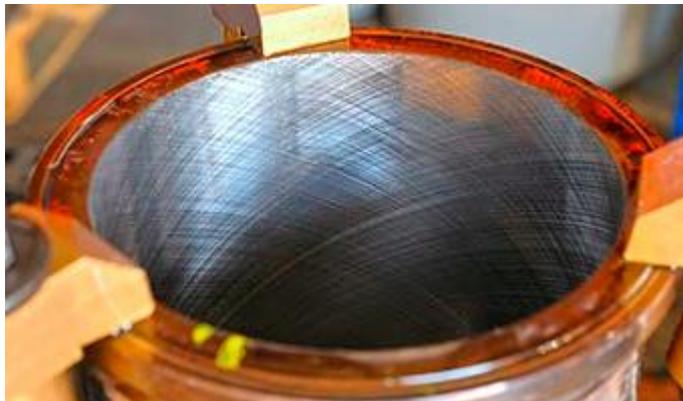


Fuente: Imagen tomada de (FIUBA - FACULTAD DE INGENIERIA DE UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, 2017)

- **Bruñido**

El bruñido es un proceso de súper acabado a baja velocidad, el bruñido se usa generalmente para rectificar diámetros interiores, trabajo que pretende alisar y mejorar la superficie por medio de piedras bruñidoras.

### Imagen N° 2. 4 PROCESO DE BRUÑIDO

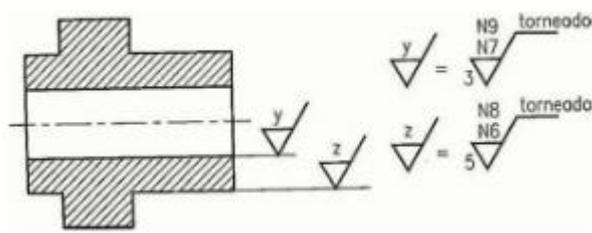


Fuente: Imagen tomada de (MECATECVIGO, 2020)

- **Acabado superficial**

El acabado superficial (rugosidad) es un proceso de fabricación usado en la manufactura con el objetivo de obtener una superficie deseada en algún producto ya sea por estética o para algún uso mecánico de este.

*Imagen N° 2. 5 ACABADO SUPERFICIAL*



Fuente: Imagen tomada de (SlidePlayer, 2020)

- **Máquina herramienta**

Este es un tipo de máquina utilizada para dar forma a elementos sólidos, en especial metales, su principal característica es la falta de movilidad, suelen ser maquinas estacionarias.

*Imagen N° 2. 6 TORNO – MÁQUINA HERRAMIENTA*



Fuente: Imagen tomada de (WIKIPEDIA, 2019)

- **Herramienta de corte para mecanizado**

Un instrumento de corte para mecanizado es el elemento utilizado para extraer material de una pieza cuando se quiere llevar a cabo un proceso de mecanizado. Hay muchos tipos para cada máquina, pero todas se basan en un proceso de arranque de viruta. Es decir, al haber una elevada diferencia de velocidades entre la herramienta y la pieza, al entrar en contacto

la arista de corte con la pieza, se arranca el material y se desprende la viruta.

*Imagen N° 2. 7 HERRAMIENTAS DE CORTE PARA MECANIZADO*



Fuente: Imagen tomada de (ARUKASI, 2011)

- **Fresadora**

Es una máquina herramienta que sirve para desbastar, perforar y/o detallar, ya sea metal, madera o cualquier material sólido. Estas operaciones se logran haciendo girar y moviendo una herramienta de corte llamada **(Espinoza Montes, 2010)** a “fresa” a través de un juego de manivelas, una para el eje vertical (eje z) y otras dos para el eje horizontal (eje x e y). **(INGMECANEFIX, 2018)**

*Imagen N° 2. 8 FRESADORA*



Fuente: Imagen tomada de (INGMECANEFIX, 2018)

### 2.3. Conceptual

- **Diseño**

El diseño expresa de manera práctica los pasos de un proyecto con el fin de dar respuestas a los problemas, si la propuesta del proyecto que se diseñara cumple las normas y la fabricación es semejante a la realidad, entonces este avance es confiable y seguro además de útil y hace que su fabricación sea viable.

Es la persona que plantea la solución en general en base a los cálculos realizados, ve un problema y plantea una solución usando sus conocimientos (matemáticas, ciencias e ingeniería).

- **Diseño mecánico**

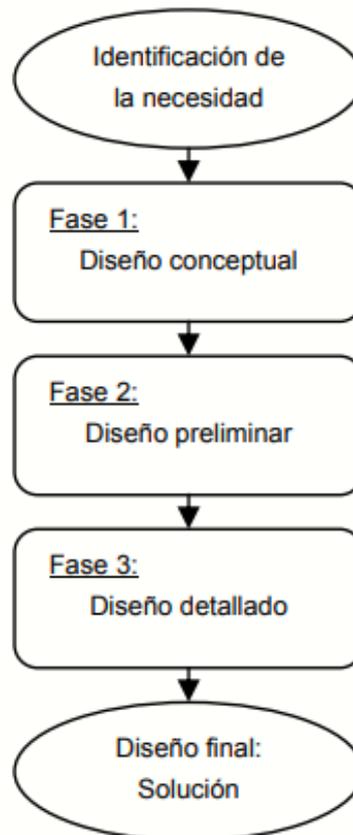
El diseño mecánico en la rama de la ingeniería es la acción de dar figura, tamaños, elementos, tecnología de producción y colocar en marcha una máquina para que desempeñe determinadas funciones o requerimientos. Actualmente el diseño mecánico es muy importante ya que está vinculado con la creatividad y la evolución tecnológica.

Se refiere a diseñar partes, piezas o equipos en el área de mecánica, maquinas herramientas haciendo uso de experiencia personal, tiene criterio de innovación tecnológica.

- **Etapas del diseño mecánico**

Se debe tener en cuenta lo siguiente para elaborar un diseño:

Imagen N° 2. 9 MODELO DESCRIPTIVO LINEAL DEL DISEÑO



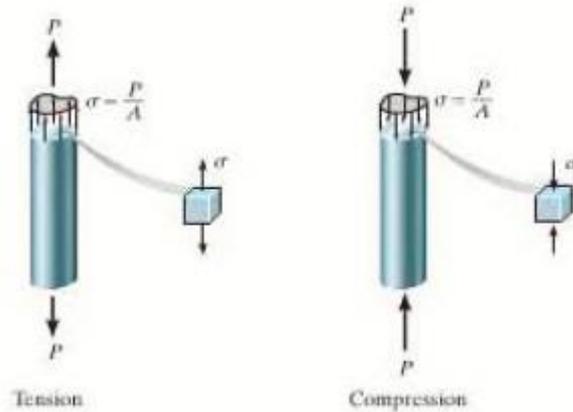
Fuente: Imagen tomada de (TDX Tesis Doctorals en Xarxa, 2020)

#### 2.4. Definición de términos básicos

- **Esfuerzo**

En ingeniería estructural, los esfuerzos mecánicos o esfuerzos de sección son magnitudes físicas con unidades de fuerza sobre área utilizadas en el cálculo de piezas prismáticas como vigas o pilares y también en el cálculo de placas y láminas.

Imagen N° 2. 10 ESFUERZOS



Fuente: Imagen tomada de (CARPENOCTEM, 2012)

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ecuación N° 2.1}$$

Donde:

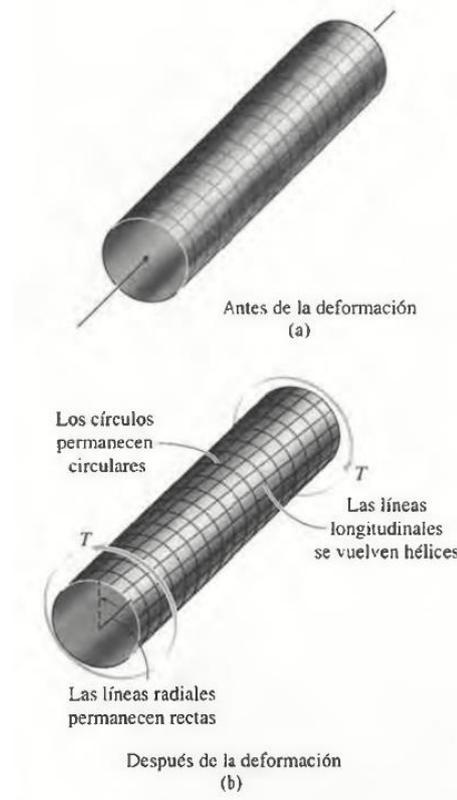
P: Fuerza (N)

A: Área (m<sup>2</sup>)

- **Torsión**

Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

## Imagen N° 2. 11 TORSIÓN



Fuente: Imagen tomada de (HIBBELER, 2011)

$$\tau = \frac{T\rho}{J}$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo de Torsión (Pa)

$T$ : Momento de Torsión (Nm)

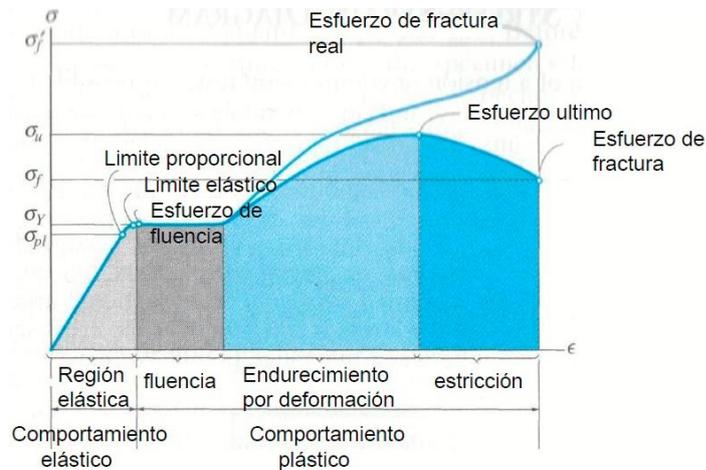
$\rho$ : Radio de sección transversal (m)

$J$ : Momento polar de inercia de sección transversal (m<sup>4</sup>)

- **Diagrama Esfuerzo - Deformación**

El diagrama esfuerzo – deformación es la representación del comportamiento de un material cuando está es sometido a una fuerza deformadora.

*Imagen N° 2. 12 DIAGRAMA DE ESFUERZO (CONVENCIONAL Y REAL) VS DEFORMACIÓN DE ACEROS*



Fuente: Imagen tomada de (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2019)

- **Límite de proporcionalidad**

Es el punto en el que el material está al límite de ser elástico, si el esfuerzo que experimenta se excede, el material aún puede comportarse elásticamente pero ya no recobrar su forma original.

- **Límite de elasticidad**

Después del límite de proporcionalidad un material experimenta una deformación aun elástica, esto significa que todavía trata de resistir al esfuerzo y recuperar su forma; sin embargo, este es un punto bastante cercano al punto de fluencia.

- **Punto de fluencia**

El punto de fluencia es aquella en el cual, el material deja su propiedad elástica; el esfuerzo ha superado su capacidad y desde este punto en adelante el material se comportará como un material plástico, es decir, ya no trata de recuperar su forma original.

- **Esfuerzo máximo o último**

En este punto el material ha alcanzado su capacidad máxima de resistir al esfuerzo que actúa sobre ella, si la fuerza sigue actuando, entonces a partir de ahora el material colapsará hasta llegar al esfuerzo de rotura.

- **Esfuerzo de rotura**

También conocida como el esfuerzo de fractura; este punto es aquella en la que el material sometido al esfuerzo llega a fracturarse de forma permanente.

- **Región elástica**

Esta región comprende desde el inicio hasta el punto límite de elasticidad, en esta región el material presenta un comportamiento plástico, con mayor intensidad entre el punto inicial y el límite de proporcionalidad.

Cabe destacar que entre el punto inicial y el punto límite de proporcionalidad se cumple la ley de HOOK que establece que la fuerza de tracción es directamente proporcional a la deformación.

- **Región plástica**

Esta región empieza desde que el material llega al punto de fluencia, pasando por el punto de esfuerzo máximo hasta el punto en que se fractura el material. En esta región el material sufre una deformación permanente.

- **Zona de cedencia**

Esta zona se presenta justo después al punto de fluencia, en esta zona el material experimenta una deformación permanente plástica con un esfuerzo constante, hasta llegar a un punto en el

que para seguir deformando al material requerirá un aumento en la intensidad del esfuerzo que lo deforma.

- **Zona de endurecimiento**

Esta zona se presenta después de que el material haya experimentado una deformación con esfuerzo constante; llega un punto en el que es necesario aumentar el esfuerzo para sacarla de la zona de cedencia; desde que se aumenta esfuerzo, el material experimenta una deformación y al mismo tiempo experimenta un endurecimiento, es decir aumenta su grado de dureza hasta llegar al punto de esfuerzo máximo.

- **Zona de estricción**

La zona de estricción comprende desde el punto de esfuerzo máximo hasta el punto de esfuerzo de rotura. En esta zona el material no puede soportar ni un esfuerzo constante, solo decreciente; el material empieza a formar un cuello en una región y a partir de ello llega a fracturarse cuando el esfuerzo sigue actuando sobre ella.

### **III. HIPOTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

Según las interrogantes planteadas en la formulación del problema y de acuerdo a los objetivos general y específicos el presente trabajo de tesis se plantean las siguientes hipótesis.

##### **3.1.1. Hipótesis general**

Con el diseño del mandrinador portátil se obtendrá una máquina herramienta de bajo costo que permitirá realizar trabajos de rectificación de agujeros de 50 a 200mm de diámetro para una empresa metalmeccánica.

##### **3.1.2. Hipótesis Específicas**

**HE1:** Con la normativa y cálculos establecidos se realizará de manera adecuada el diseño mecánico del mandrinador portátil.

**HE2:** Con la selección correcta de los componentes electromecánicos del mandrinador portátil se ahorrará costos de rectificado en el campo al evitar el traslado de la máquina a rectificar al taller.

#### **3.2. Definición conceptual de variables**

Según (Sampieri, 2014), La variable independiente es la causa y la variable dependiente es el efecto.

##### **3.2.1. Operacionalización de variables**

En la siguiente tabla se muestra la relación entre variables de investigación y los objetivos específicos

Tabla N° 3. 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	METODOLOGIA	TECNICAS - INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE  MANDRINADOR PORTATIL	CALCULO MECANICO Y MATERIALES	- TENSIONES	ESPESOR DE PLANCHAS (MM)	TIPO: TECNOLOGICA	<b>TECNICA EMPIRICA</b> - GUIA DE ENTREVISTA - GUIA DE OBSERVACION
		- VOLUMEN DE PRODUCCION	VELOCIDAD DE CORTE (M/S)		
	COMPONENTES ELECTROMECHANICOS	- PROPIEDADES MECANICAS	ESFUERZO DE FLUENCIA (KG/M2)	DISEÑO: DESCRIPTIVO COMPARATIVO	<b>TECNICA DOCUMENTAL</b> - FICHA BIBLIOGRÁFICA - FICHAS DE TRABAJO
		- MOTOR	POTENCIA (HP)		
DEPENDIENTE  RECTIFICACION DE AGUJEROS 50 A 200 MM DE DIAMETRO	EFICIENCIA	- VARIADOR DE FRECUENCIA	VELOCIDAD DE GIRO (RPM)	POBLACION Y MUESTRA: PARA LA PRESENTE TESIS LA POBLACION ES IGUAL A LA MUESTRA.	- REVISTAS - CATÁLOGOS - FICHAS ELECTRÓNICAS
- COSTO DE MATERIALES		SOLES			
		- TIEMPO DE MECANIZADO	HORAS		

Fuente: Elaboración en base a la investigación

## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1. Tipo y diseño de investigación**

Según (Espinoza Montes, 2010), la investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad.

Se describen situaciones y eventos y luego se miden gradualmente los aspectos, también por las características de la investigación será desarrollada como una investigación tecnológica de aplicación práctica.

El presente trabajo es de investigación Tecnológica – Aplicada debido a la norma VDI 2221 – VDI 2225, se determinarán los parámetros necesarios para diseñar la máquina herramienta, los cuales servirían de valores aceptables para la implementación del mismo.

### **4.2. Método de la investigación**

El método de la investigación es analítico lógico deductivo con enfoque sistémico y para definir el tipo nivel de investigación depende básicamente de 2 factores:

Estado de conocimiento (estado del arte), mostrando las revisiones de la literatura existente y del enfoque que se quiera dar al estudio. En este caso se trata de una investigación descriptiva tecnológica y de aplicación práctica.

Por ser una investigación aplicada, de diseño o innovación, la presente investigación se basa en un Diseño de aplicación o de soluciones que tiene como propósito transformar los conocimientos o modelos existentes en objetos útiles a la sociedad.

### 4.3. Población y muestra

Para el fin de la presente investigación el presente estudio es de tipo tecnológico con nivel de investigación aplicativo, Según (Espinoza Montes, 2010), si es tecnológico se describirá como población y muestra la unidad experimental, es decir que nuestro trabajo esta evocado al diseño para lo cual sólo tomaremos un objeto de estudio en un determinado espacio, por lo tanto, para la presente tesis la población es igual a la muestra, el mandrinador portátil.

- **KALE INGENIEROS S.A.**

Ubicación: Calle Uno Mza. P02 Lote. 16-B Urb. Nuevo Lurín, I Etapa, Las Salinas, Lurín.

*Imagen N° 4. 1 UBICACIÓN KALE INGENIEROS S.A.*

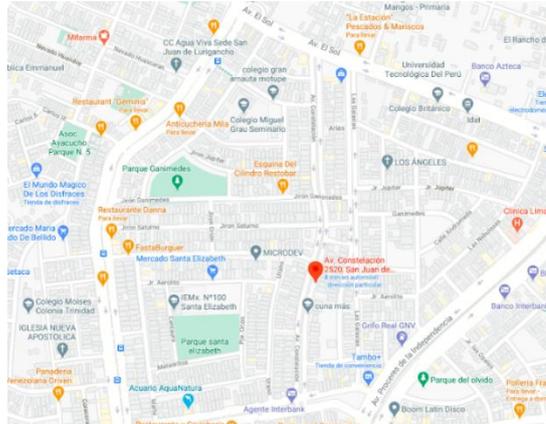


Fuente: Google Earths 2020

- **RBE INGENIEROS EIRL.**

Ubicación: Av. Constelación Nro. 2520 Apv. Santa Elizabeth.

## Imagen N° 4. 2 UBICACIÓN RBE INGENIEROS E.I.R.L.



Fuente: Google Earths 2020

### 4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Al no encontrar acceso a estadísticas relacionadas sobre el tema mi técnica de recolección de información se basó de acuerdo a lo siguiente:

Para la presente tesis se usaron las técnicas Empírica y Documental:

- **Técnica Empírica:**

Según (Espinoza Montes, 2010), la *técnica empírica* permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad.

Tabla N° 4. 1 TÉCNICA EMPÍRICA

TECNICA	INSTRUMENTOS
EMPIRICA	GUIA DE ENTREVISTA
	GUIA DE OBSERVACION

Fuente: Elaboración Propia

- **Técnica Documental:**

Según (Espinoza Montes, 2010), la técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación.

*Tabla N° 4. 2 TÉCNICA DOCUMENTAL*

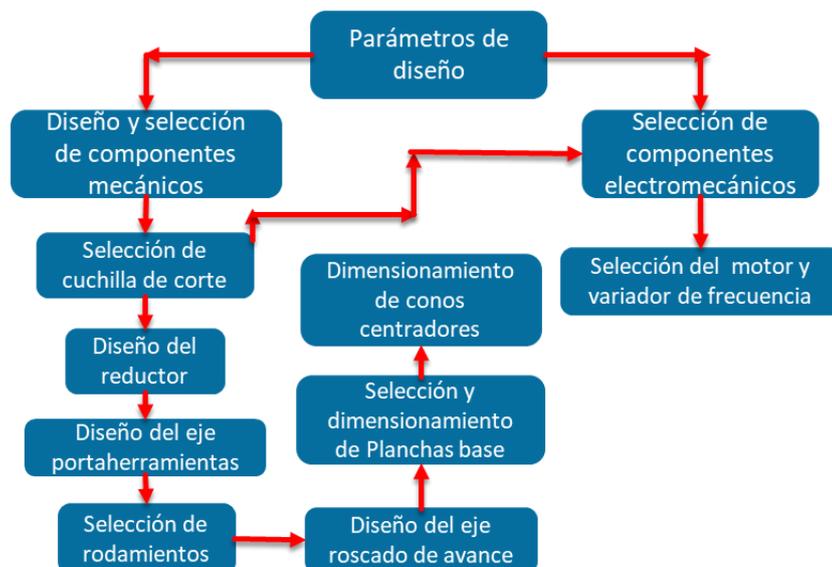
TECNICA	INSTRUMENTOS
DOCUMENTAL	FICHA BIBLIOGRÁFICA
	FICHAS DE TRABAJO
	REVISTAS
	CATALOGOS
	FICHAS ELECTRÓNICAS

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.5. Análisis y procesamiento de datos

De acuerdo a la naturaleza del problema a investigar este proyecto de investigación se basa en la observación del problema técnico a resolver y en el tipo de diseño lineal y también de acuerdo al diagrama lógico de procesamiento de datos indicado.

*Imagen N° 4. 3 DIAGRAMA LÓGICO*



Fuente: Elaborado en base a los datos recogidos de tesis antecedentes

En la siguiente tabla se muestran los requerimientos que se deben tener en consideración para el diseño del mandrinador portátil.

*Imagen N° 4. 4 LISTA DE EXIGENCIAS*

LISTA DE EXIGENCIAS			Página 1 de 1
			Fecha: 26-12-20
PROYECTO:		DISEÑO DE UN MANDRINADOR PORTATIL DE BAJO COSTO PARA RECTIFICACIONES DE AGUJEROS DE 50 A 200 MM DE DIAMETRO PARA UNA EMPRESA METALMECANICA	
N°	DESEO (D)	DESCRIPCION	RESPONSABLE
	EXIGENCIA (E)		
FUNCION PRINCIPAL			
1	E	El mandrinado debe ser de: Diámetro 50 mm mínimo a 200 mm máximo Profundidad de trabajo : hasta 50 mm	David Cajacuri
2	E	El mandrinador debe ser compacto y de fácil operación	David Cajacuri
3	E	El mandrinador utilizará el motor reductor y no motor con accionamiento hidraulico	David Cajacuri
4	E	El mandrinador debe ser alimentado con energía eléctrica Trifásica	David Cajacuri
5	E	El mandrinador se debe poder fabricar con máquinas herramientas convencionales y con materiales de fácil adquisición en el mercado Peruano.	David Cajacuri
6	E	El material de las piezas debe estar acorde a las exigencias técnicas de su función.	David Cajacuri
7	D	El peso del mandrinador debe estar por debajo de los límites permisibles de carga de un operario por pieza	David Cajacuri
8	D	El mandrinador debe ser fácil de operar, como máximo 02 personas para manipulación	David Cajacuri
9	E	El montaje y desmontaje del mandrinador portátil debe ser simple para su inspección y reparación	David Cajacuri
10	E	El costo del mandrinador portátil debe ser menor a un mandrinador en el mercado	David Cajacuri
11	E	Generar bajos niveles de ruido	David Cajacuri
12	E	Que no genere consecuencias negativas para el ambiente	David Cajacuri

Fuente: Elaboración en base a la guía de observación y guía de entrevista

Para la presente tesis se realizará el diseño en base a una herramienta de corte rápido de material Tungsteno de 90 a 110 kg/mm<sup>2</sup> y avance entre 0.2 a 3.2mm por giro y temperatura máxima de 650°C. (Ver Anexo A)

Usaremos una cuchilla de 3/8" x 2 1/2", quedando S=0.2 mm/rev

El mandrinador portátil mecanizara acero aleado.

➤ Cálculo de fuerzas actuantes en el eje portaherramientas

- ✓ Cálculo de la velocidad de corte ( $V_c$ ) y fuerza específica de avance ( $K_s$ )

Del "Libro GTZ, Tablas para la industria metalúrgica" (Anexo B), valores para velocidad de corte y fuerza específica de corte, se ingresa con los siguientes datos: S=0.2mm/rev y material a mecanizar Acero aleado, obteniéndose los valores  $V_c$  (Velocidad de corte),  $K_s$  (Velocidad específica de corte).

$$V_c = 24\text{m/min}$$

$$K_s = 3600\text{N/mm}^2$$

- ✓ Cálculo de sección de viruta ( $A_f$ ) para potencia de accionamiento ( $P_{ref}$ )

Con los valores de  $V_c=24\text{m/min}$  y  $K_s=3600\text{N/mm}^2$  se ingresa al Libro GTZ, Tablas para la industria metalúrgica para posible potencia de accionamiento de 1KW (Anexo C).

Se obtiene:

$$\text{Área de sección de viruta } A_{ref} = 0.53 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la fuerza de corte ( $F_c$ )

$$F_c = K_s * A = K_s * a * s$$

a: Profundidad de corte = 3 mm (BPM)

A: Área de corte (mm<sup>2</sup>)

$$F_c = 3600 \frac{N}{mm^2} * 3 \text{ mm} * 0.2 \text{ mm} = 2160 \text{ N}$$

- ✓ Cálculo de la Fuerza de avance ( $F_t$ ) y Fuerza radial ( $F_r$ )

$F_t$ : Fuerza de avance actuante en dirección de avance de la herramienta de corte, se acostumbra a ser 50% de  $F_c$

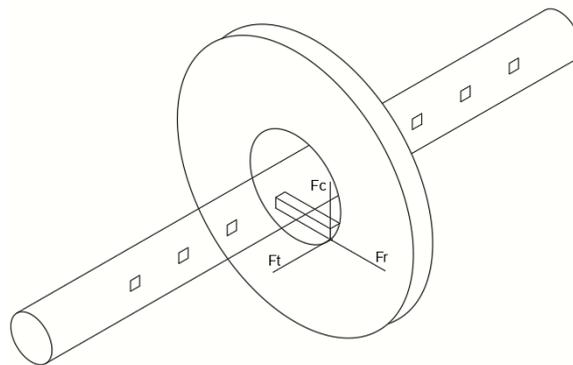
$F_r$ : Fuerza radial, fuerza perpendicular a la superficie mecanizada, es el 50% de  $F_t$ .

Por lo tanto:

$$F_t = 50\%F_c = 1080 \text{ N}$$

$$F_r = 50\%F_t = 540 \text{ N}$$

*Imagen N° 4. 5 FUERZAS ACTUANTES EN EJE PORTAHERRAMIENTAS*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Cálculo de potencia real de corte

$$\text{Área de corte real} : s * a = 3 * 0.2 = 0.6 \text{ mm}^2$$

Del "Libro GTZ, Tablas para la industria metalúrgica", se tiene:

$$P_{real} = \frac{(P_{ref} * A_{real})}{A_{ref}}$$

$$P_{real} = \frac{1 \text{ KW} * 0.6}{0.53} = 1.13 \text{ KW}$$

Convirtiendo a HP  $\rightarrow P_{real} = 1.52HP + P_{\text{p\acute{e}rdidas}} \approx 2HP$

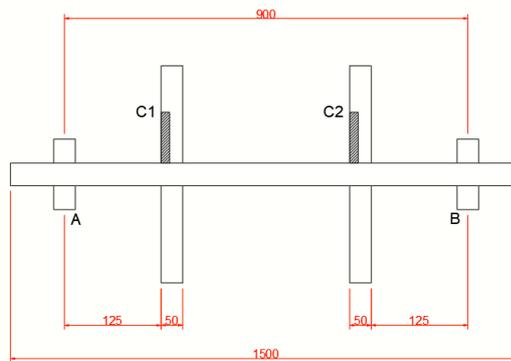
Por lo tanto, la potencia real es de 2HP.

Con esto tenemos la primera parte la selecci3n del motor reductor y las fuerzas que se ejercer3n en el eje portaherramientas.

➤ Dise2o del eje portaherramientas

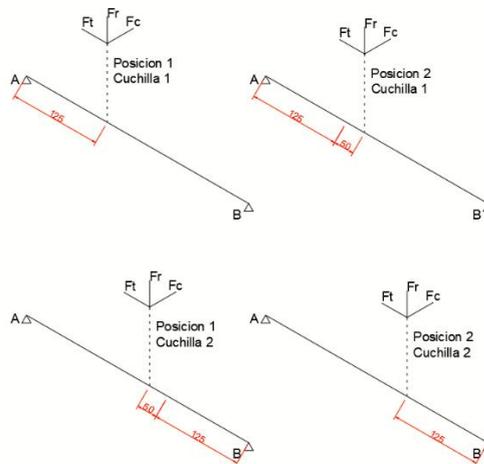
Con las 03 fuerzas calculadas anteriormente se realizar3n los diagramas de cortante y momentos m3ximos para dimensionar la barra y seleccionar el material en las 02 posiciones en las que ir3n las cuchillas 1 y 2.

Imagen N3 4. 6 POSICI3N DE LAS CUCHILLAS DE CORTE C1 Y C2



Fuente: Elaboraci3n propia

Imagen N3 4. 7 POSICI3N DE LAS CUCHILLAS DE CORTE C1 Y C2 RESPECTO AL EJE PORTACUCHILLAS

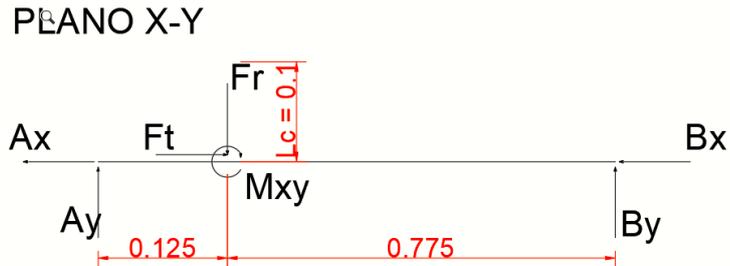


Fuente: Elaboraci3n propia

- ✓ Cálculo del Momento total máximo y Cortante Máximo en la Cuchilla 1 y en la posición 1.

- Se calculan las reacciones  $A_x$ ,  $B_x$ ,  $A_y$ ,  $B_y$  y  $M_{xy}$  en el plano X-Y

*Imagen N° 4. 8 PLANO X-Y DE EJE PORTAHERRAMIENTAS*



Fuente: Elaboración propia

De donde:

$L_c$ : Longitud máxima a partir del centro del eje que se mandrinará, para nuestro caso se utilizará como máximo una distancia de 100mm debido a que mandrinaremos como máximo un agujero de diámetro 200mm.

$$M_{xy} = L_c * Ft = 0.1 * 1080 = 108Nm$$

Para efectos simples de cálculo supondremos que las fuerzas  $A_x$  y  $B_x$  son iguales.

$$\sum F_x = 0 : -A_x - B_x - Ft = 0$$

$$A_x = B_x = \frac{Ft}{2} \rightarrow A_x = 540N, B_x = 540N$$

$$\sum F_y = 0 : A_y + B_y - Fr = 0$$

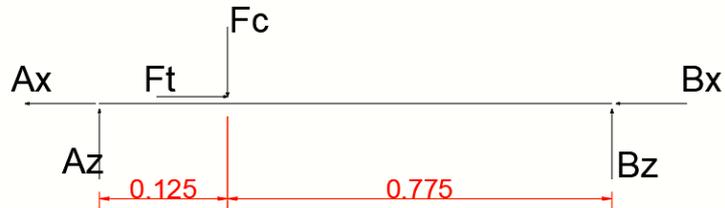
$$\sum M_A = 0 : B_y * 0.9 - Fr * 0.125 + M_{xy} = 0$$

$$B_y = 195N \rightarrow A_y = 345N$$

- Se calculan las reacciones Ax, Bx, Az, Bz en el plano X-Z

Imagen N° 4. 9 PLANO X-Z DE EJE PORTAHERRAMIENTAS

PLANO X-Z



Fuente: Elaboración propia

De lo anterior  $A_x = B_x = 540\text{N}$

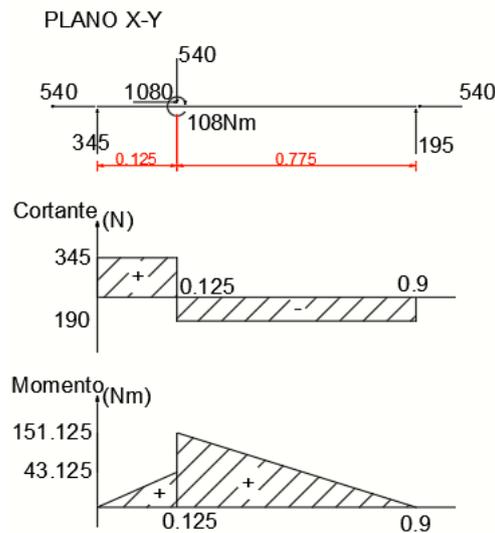
$$\sum F_z = 0 : A_z + B_z - F_c = 0$$

$$\sum M_B = 0 : A_z * 0.9 - F_c * 0.775 = 0$$

$$A_z = 1860\text{N} \rightarrow B_z = 300\text{N}$$

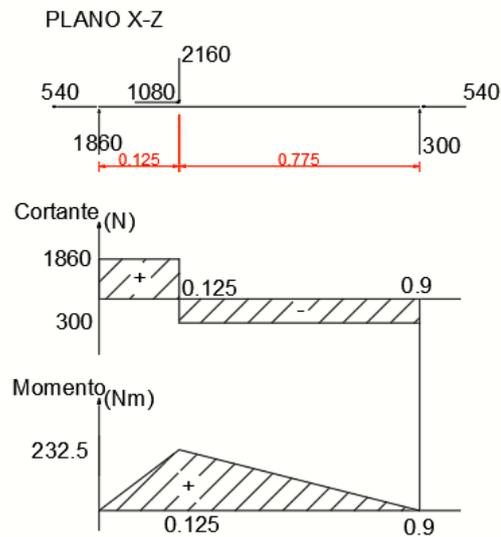
Con las cargas determinadas se procede a realizar los diagramas de momento máximo y vector cortante para los planos X-Y y X-Z de la cuchilla C1 en la posición 1.

Imagen N° 4. 10 DIAGRAMA DE VECTOR CORTANTE Y MOMENTOS EN PLANO X-Y DE LA CUCHILLA C1 EN LA POSICIÓN 1



Fuente: Elaboración propia

*Imagen N° 4. 11 DIAGRAMA DE VECTOR CORTANTE Y MOMENTOS EN PLANO Y-Z DE LA CUCHILLA C1 EN LA POSICIÓN 1*



Fuente: Elaboración propia

Calculamos el momento total máximo de la siguiente forma:

$$M_{total\ máximo} = \sqrt{M_{x - y_{max}}^2 + M_{x - z_{max}}^2}$$

$M_{total\ máximo} = \sqrt{151.25^2 + 232.5^2} = 277.4 Nm$ , en la cuchilla C1 posición 1.

De manera análoga lo haremos para:

- ❖ Cuchilla C1 posición 2
- ❖ Cuchilla C2 posición 1
- ❖ Cuchilla C2 posición 2

Realizamos una tabla con los resultados obtenidos

Tabla N° 4. 3 MOMENTOS MÁXIMOS EN LAS CUCHILLAS C1 Y C2 EN LAS POSICIONES 1 Y 2

POSICION	MOMENTOS (Nm)	
	CUCHILLA 1	CUCHILLA 2
POSICION 1	277.4	319.6
POSICION 2	345.5	243.7

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Cálculo del diámetro de la barra

Realizamos el diseño por esfuerzos para posición crítica mencionado en el libro “Diseño en Ingeniería Mecánica”, Shigley, 8va Edición, Pág. 357.

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{Kf * Ma}{Se} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs * Ta}{Se} \right)^2 + 4 \left( \frac{Kf * Mn}{Sy} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs * Tm}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Diseñamos tomando flexión y torsión constante por lo tanto el momento medio (Mn) y el Torsor alternante (Ta) se igualan a cero entonces la ecuación quedará de esta forma.

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{Kf * Ma}{Se} \right)^2 + 3 \left( \frac{Kfs * Tm}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Para el material a utilizar probaremos si resiste con el A-36 cuyas especificaciones son:

$$Sy = 250 \text{ MPa}, Sut = 500 \text{ MPa}$$

- Cálculo de Kf y Ks (factores de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión y la torsión respectivamente).  
Para el valor del factor q (sensibilidad a la muesca) se toman valores de 0 cuando no hay discontinuidades y 1 cuando si tiene discontinuidades a lo largo de la barra, para nuestro caso q=0.

$$K_f = 1 + q(K_f - 1) \rightarrow K_f = 1$$

$$K_{fs} = 1 + q(K_{fs} - 1) \rightarrow K_{fs} = 1$$

- Cálculo de  $S_e$  (Límite de resistencia a la fatiga)  
Se calcula de la siguiente forma:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S_e'$$

Donde:

- ❖  $K_a$ : Factor de modificación de la condición superficial

$$K_a = aS_{ut}^b = 4.51 * 500^{-0.265}$$

- ❖  $K_b$ : Factor de modificación del tamaño

Se considera  $K_b = 0.9$  para un valor de eje entre 1" y 2"

- ❖  $K_c$ : Factor de modificación de la carga

Para cargas de torsión  $K_c = 0.59$

- ❖  $K_d$ : Factor de modificación de temperatura

A 20° Se tiene  $K_d = 1$

- ❖  $K_e$ : Factor de confiabilidad

Para confiabilidad de 99.99%, se tiene  $K_e = 0.702$

- ❖  $S_e'$ : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$$S_e' = 0.5 * S_{ut}$$

$$S_e' = 0.5 * 500 = 250 \text{ MPa}$$

Reemplazando valores:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S_e' = 0.87 * 0.9 * 0.59 * 1 * 0.702 * 250$$

$$S_e = 81 \text{ MPa}$$

Para nuestro cálculo utilizaremos un factor de seguridad de 2

$$\rightarrow n = 2$$

La Torsión media  $T_m$  es  $T_m = F_c * L_c = 2160N * 0.1m = 216Nm$

El Momento alternante  $M_a$  es igual al momento máximo calculado en la barra  $M_a = 345.5Nm$

Reemplazando los valores en:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{K_f * M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left( \frac{K_{fs} * T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$
$$d = \left\{ \frac{16 * 2}{\pi} \left[ 4 \left( \frac{1 * 345.5}{81 * 10^6} \right)^2 + 3 \left( \frac{1 * 216}{250 * 10^6} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$\text{Por lo tanto } d = 0.0435 \text{ m} = 43.5 \text{ mm}$$

Usaremos una barra redonda de  $\varnothing 1 \frac{3}{4}$  " medida más comercial o en  $\varnothing 45\text{mm}$  en Material A-36.

- ✓ Análisis de pandeo en la barra

Utilizaremos la ecuación de Euler

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Donde:

$$\text{Longitud} = 1500\text{mm}$$

$$\text{Diametro} = 45\text{mm}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} : E = 200 * 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Momento de Inercia} : I = \frac{\pi * d^4}{4}$$

Reemplazando valores:

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} = \frac{\pi^2 * 200 * 10^9 * \frac{\pi * 0.0225^2}{4}}{1.5^2} = 176KN$$

Considerando Factor de seguridad  $F_s=3$

$$P_{crit\ admisible} = \frac{P_{crit}}{F_s} = \frac{176}{3} = 58.67\ KN$$

Para que la barra no pandee debe cumplirse:

$$Fuerza\ axial\ o\ de\ avance\ F_t < P_{crit\ admisible}$$

$$F_t = 1.08KN < 58.67\ KN\ Por\ lo\ tanto\ la\ barra\ no\ pandeará$$

➤ Velocidad de rotación de la herramienta para el cálculo de RPM del motor

✓ Para el mandrinado máximo  $D = 200\ mm$  y  $V_c = 24\ m/min$

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D} = \frac{1000 * 24}{\pi * 200} = 38.2 \approx 40RPM$$

✓ Para el mandrinado mínimo  $D = 50\ mm$  y  $V_c = 24\ m/min$

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D} = \frac{1000 * 24}{\pi * 50} = 152.79 \approx 155\ RPM$$

Por lo tanto, se requiere un motor reductor de 2HP con variador de velocidad de 40 a 155 RPM, se utilizará un motor-reductor cónico helicoidal que nos garantizará bajos niveles de ruido y por recomendación del fabricante.

De Catálogos en el (Anexo D y E) seleccionamos:

- ❖ Motor reductor: K.48-LA90L4
- ❖ Variador de frecuencia: ACS150-03-07A5-2

➤ Selección de rodamientos

Para la selección de rodamientos se calculó anteriormente las cargas axiales y radiales que soportarán en cada apoyo A y B respectivamente en las posiciones 1 y 2.

Tabla N° 4. 4 CARGAS EN APOYOS A Y B PARA LAS POSICIONES 1 Y 2

<b>CARGAS EN APOYOS A Y B PARA LAS POSICIONES 1 Y 2 DE LAS CUCHILLAS</b>								
CARGAS	Posición 1		Posición 2		Posición 1		Posición 2	
	Cuchilla 1		Cuchilla 1		Cuchilla 2		Cuchilla 2	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Rx	0.54 KN	0.54 KN						
Ry	0.345 KN	0.195 KN	0.315 KN	0.225 KN	0.015 KN	0.555 KN	0.045 KN	0.585 KN
Rz	1.86 KN	0.3 KN	1.74 KN	0.42 KN	0.42 KN	1.74 KN	0.3 KN	1.86 KN

Fuente: Elaboración propia

Las cargas que resisten los rodamientos serán las cargas máximas para lo cual las cargas radial y axial según la Tabla N° 4.4 son:

$$Fr = 1.86 \text{ KN}$$

$$Fa = 0.54 \text{ KN}$$

Para el cálculo de la carga dinámica equivalente que tendrá efecto sobre el rodamiento se realiza con la siguiente formula:

$$P = X_i * Fr + Y_i * Fa - \text{ANSI/ABMA 19.2}$$

Para calcular Xi e Yi es necesario consultar el (Anexo F)

Se entrará con los valor de  $Fa/C_o$  y  $Fa/(V * Fr)$

Antes debemos Calcular Co, este se obtiene del (Anexo G), ingresando con el valor de diámetro interior.

$$\emptyset_{interior} = 45 \text{ mm} \rightarrow C_o = 21.2$$

Se tiene:

$$Fa/Co = 0.54/21.2 = 0.025$$

Se toma:

V=1, cuando el aro interior gira

V=1.2, cuando el aro exterior gira

Entonces:

$$e = Fa/(V * Fr) = 0.54/(1 * 1.86) = 0.29$$

Como para el valor de  $Fa/Co$  es 0.025 entonces esta entre los valores de 0.021 y 0.028, para esos valores de  $e=0.21$  y 0.22, el  $Fa/(V * Fr) = 0.29 > e$  por lo que tomaremos  $X_2$  e  $Y_2$ , tendremos que realizar una interpolación.

Tabla N° 4. 5 INTERPOLACIÓN DE VALOR  $X_2$  E  $Y_2$

Fa/Co	X2	Y2
0.021	0.56	2.15
0.025	0.56	Y2
0.028	0.56	1.99

Fuente: Elaboración propia

El valor  $X_2$  es 0.56 por simple inspección, Hallando  $Y_2 = 2.06$

Reemplazando en:

$$P = X_i * Fr + Y_i * Fa$$

$$P = 0.56 * 1.86 + 2.06 * 0.54 = 2.154 \text{ KN}$$

Del catálogo de rodamientos SKF (Anexo H)

Para maquinaria de 8 horas de trabajo se considera  $L_{10h} = 10000$

Por lo tanto, la ecuación de vida nominal básica es de esta forma:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^\rho$$

Despejando C y reemplazando  $P=2.15\text{KN} \rightarrow C = 9.74\text{KN}$

Con la capacidad de carga básica dinámica  $C = 9.74 \text{ KN}$ , ingresamos a la tabla de rodamientos de bolas SKF (Anexo I) con un diámetro interior de 45mm seleccionamos el valor próximo superior de 14 por lo que el rodamiento seleccionado sería el rodamiento "61909 – 2RS1"

➤ Dimensionamiento del eje roscado de avance

Se considerará el momento máximo producido en el cambio de sección existente entre la unión de los 02 ejes, indicados en la Tabla N° 4.3.

Momento máximo se dio en la posición 2 de la Cuchilla C1.

$$M_{max} = 345.5 \text{ Nm}$$

$$F_t = 0.54 \text{ KN}$$

✓ Esfuerzo máximo que resiste el eje

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} + \frac{P}{A} = \frac{32M}{\pi d^3} + \frac{4F_t}{\pi d^2}$$

Para el material A-36,  $S_y = 250 \text{ MPa}$ , debe cumplir  $\sigma_{max} \leq \sigma_m$

Donde:

$$\sigma_m = \frac{S_y}{n}$$

Con factor de seguridad  $n = 2 \rightarrow \sigma_m = \frac{250}{2} = 125 \text{ MPa}$

De la fórmula:  $\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} + \frac{P}{A} = \frac{32M}{\pi d^3} + \frac{4F_t}{\pi d^2}$

Iteramos el valor “d” hasta que el valor de esfuerzo máximo sea menor que el de Esfuerzo permisible para diámetros existentes de barras.

*Tabla N° 4. 6 ITERACIÓN ENTRE DIÁMETRO DE BARRA Y ESFUERZO MÁXIMO*

$\varnothing(\text{mm})$	$\sigma_{\text{máximo}} (\text{MPa})$	$\sigma_{\text{permisible}} (\text{MPa})$	CONDICION
12	2038.421143	125	$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{permisible}}$ NO OK
14	1284.171587	125	$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{permisible}}$ NO OK
16	860.6303548	125	$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{permisible}}$ NO OK
20	440.9865163	125	$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{permisible}}$ NO OK
24	255.399474	125	$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{permisible}}$ NO OK
30	130.9173194	125	$\sigma_{\text{max}} > \sigma_{\text{permisible}}$ NO OK
36	75.85075703	125	$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{permisible}}$ OK
42	47.82175543	125	$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{permisible}}$ OK
48	32.074142	125	$\sigma_{\text{max}} < \sigma_{\text{permisible}}$ OK

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 4.6 se obtiene para un diámetro de 36mm

$$\sigma_m = 75.86 \text{ MPa}$$

Por lo tanto:

$$\sigma_{\text{max}} \leq \sigma_m \rightarrow 75.85 \text{ MPa} \leq 125 \text{ MPa OK}$$

- ✓ Selección de la rosca para el eje

Del (Anexo J) Se optó por una rosca métrica M36 x 4mm (Rosca gruesa) ya que lo usaremos para tornillo de avance.

- ✓ Longitud de la barra roscada

Por buenas prácticas de manufactura, para una máquina herramienta que utiliza 2 ejes uno de avance y unos de corte se tomaremos la siguiente relación:

$$L_{\text{barra roscada}} = 40\%L_{\text{eje de trabajo}}$$

Por lo tanto:

$$L_{\text{barra roscada}} = 0.6 * 1500 = 900\text{mm}$$

➤ Selección de Placas.

- ✓ Cálculo de uniones soldadas en placa de sujeción de rodamientos

Para las placas se utilizará el material A-36 de un espesor 12mm, se realizará el diseño de la soldadura y se calculará el espesor de chaflán en los 3 puntos fijos que irán soldados a la placa con soldadura E7018, para ello se calcula en base al peso obtenido de toda la máquina incluyendo el motor y el reductor a utilizar, considerando valor de la gravedad de  $9.81 \text{ m/s}^2$

$$m_{\text{motor}} = 35 \text{ kg}$$

$$m_{\text{reductor}} = 7 \text{ kg}$$

$$m_{\text{placa base motor}} = 7.4 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Eje guía}} = 7 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Eje roscado}} = 7.8 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Eje Portaherramientas}} = 17.4 \text{ kg}$$

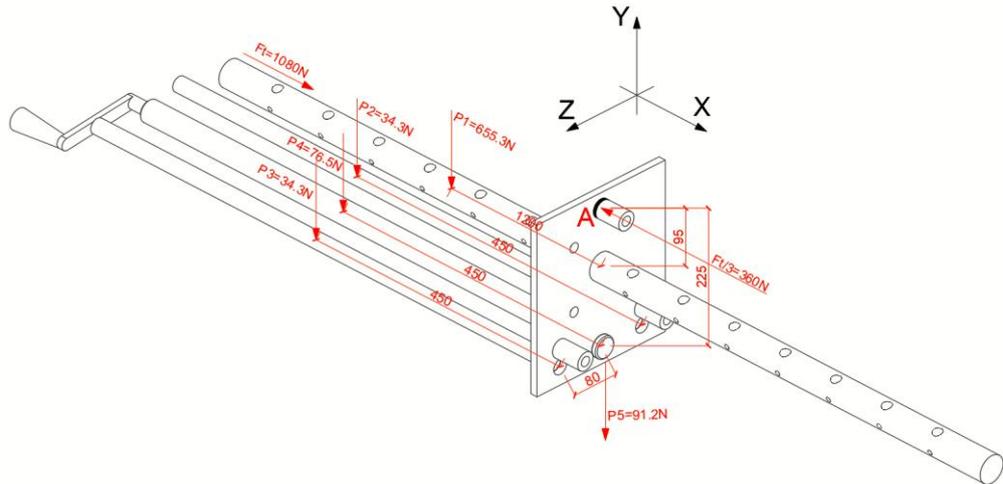
$$m_{\text{placa}} = 6.8 \text{ kg}$$

$$m_{\text{chumaceras+rodapiens}} = 2.5 \text{ kg}$$

$$\mathbf{m_{\text{total del mandrinador}} = 107.2 \text{ kg}}$$

El análisis se realizará con las fuerzas obtenidas por el propio peso de la máquina y la fuerza de avance de esta, según la imagen.

Imagen N° 4. 12 SOLDADURA EN PUNTOS DE APOYO DEL MANDRINADOR



Fuente: Elaboración propia

Con el diagrama se procede a reducir las fuerzas actuantes en momentos, fuerzas cortantes y fuerzas axiales en el punto A donde se encuentra la unión soldada.

❖ Cálculo de fuerzas debido al peso de la estructura

$$P_1 = W_{Motor} + W_{Reductor} + W_{Placa\ base} + W_{Eje\ portaherr} = 655.3N$$

$$P_2 = W_{Eje\ guía\ der} = 34.3N$$

$$P_3 = W_{Eje\ guía\ izq} = 34.3N$$

$$P_4 = W_{eje\ roscado} = 76.5N$$

$$P_5 = W_{Placa} + W_{Chumacera+rodamiento} = 91.2N$$

$$P = \frac{F_t}{3} = 360N$$

❖ Cálculo de Momentos, Fuerzas cortantes y Fuerzas axiales

- Momento respecto a  $\vec{M}_{P_1}$

$$\vec{M}_{P_1} = -655.3N(\hat{j}) \times (-0.5m(\hat{i})) = -327.65(\hat{k})Nm$$

- Momento respecto a  $\overline{M}_{P_2}$

$$\overline{M}_{P_2} = -34.3N(j)X(-0.45m(\hat{i}) - 0.08m(\hat{k})) = -15.435(\hat{k}) + 2.74(\hat{i})Nm$$

- Momento respecto a  $\overline{M}_{P_3}$

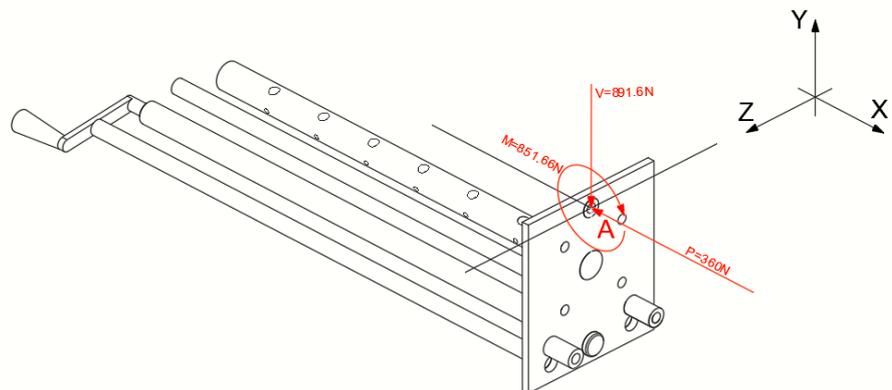
$$\overline{M}_{P_3} = -34.3N(j)X(-0.45m(\hat{i}) + 0.08m(\hat{k})) = -15.435(\hat{k}) - 2.74(\hat{i})Nm$$

- Momento respecto a  $\overline{M}_{P_4}$

$$\overline{M}_{P_4} = -76.5N(j)X(-0.45m(\hat{i})) = -34.43(\hat{k})Nm$$

- ❖ Diagrama de las fuerzas y momentos en el punto A

Imagen N° 4. 13 FUERZAS Y MOMENTOS EN PUNTO A DE SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia

- ❖ Cálculo de la fuerza resultante en (lb/pulg)

De acuerdo a la resultante  $f_R = \sqrt{f_M^2 + f_V^2 + f_P^2}$

$f_R$ : Fuerza resultante

$f_M$ : Fuerza debido al momento flector

$f_V$ : Fuerza debido al vector cortante

$f_P$ : Fuerza debido a la fuerza axial de compresión

- Calculo de  $f_M$

$$f_M = \frac{M}{S_w} = \frac{392.95Nm}{\frac{\pi * 0.03^2 m^2}{4}} = 5.6 * 10^5 \frac{N}{m}$$

- Calculo de  $f_V$

$$f_V = \frac{V}{A_w} = \frac{891.6N}{\pi * 0.03m} = 9460.17 \frac{N}{m}$$

- Calculo de  $f_P$

$$f_P = \frac{P}{A_w} = \frac{360N}{\pi * 0.03m} = 3819.72 \frac{N}{m}$$

- Calculo de  $f_R$

$$f_R = \sqrt{f_M^2 + f_V^2 + f_P^2} = \sqrt{(5.6 * 10^5)^2 + 9460.17^2 + 3819.72^2} \approx 5.6 * 10^5 \frac{N}{m}$$

Convirtiendo  $f_R = 5.6 * 10^5 \frac{N}{m}$  a  $\frac{lb}{pulg}$

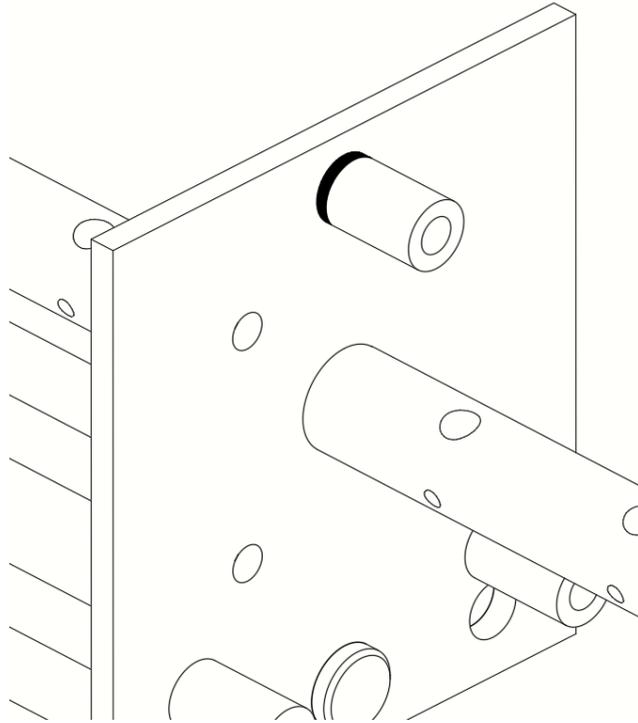
$$\rightarrow f_R = 3197.7 \frac{lb}{pulg}$$

Al comparar esta magnitud con la fuerza admisible para 1.0 pulg de cordón para soldadura E7018, se obtiene:

$$w = \frac{3197.7 \frac{lb}{pulg}}{11200 \frac{lb}{pulg} \text{ por pulgada de cateto}} = 0.285 \text{ pulg}$$

Esto equivale a utilizar soldadura E7018 con chaflán de  $w = 5/16''$  Para la placa y el elemento soldado a ella.

*Imagen N° 4. 14 SOLDADURA ENTRE PLACA Y ALOJAMIENTO DE PERNO*



Fuente: Elaboración propia

## V. RESULTADOS

Tomando en cuenta mi experiencia en este campo, también usando la teoría adecuada de diseño y realizando los cálculos de manera correcta seleccione los materiales disponibles en el mercado para el mandrinador portátil y se obtuvo los siguientes componentes.

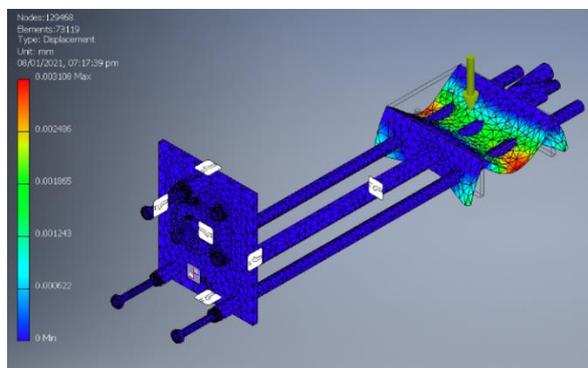
*Tabla N° 5. 1 LISTA DE MATERIALES DEL MANDRINADOR PORTÁTIL*

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	DENOMINACION	MATERIAL
1	2	CHUMACERA PARED 4 AGUJEROS	UCF209D1	ACERO FUNDIDO
2	2	RODAMIENTO ØINT 45MM	61909-2RS1	ACERO INOX
3	2	CONO CENTRADOR	Ø210MM - L150MM	NYLON
4	1	EJE PORTACUCHILLAS	Ø45MM - 150MM	ASTM A-36
5	2	PLACA	300X250MM	ASTM A-36
6	1	BASE DE MOTOR	200X250X86MM	ASTM A-36
7	2	EJE GUIA	900MM	ASTM A-36
8	1	MOTORREDUCTOR 2HP ABB	K.48-LA90L4	2KJ1103
9	1	EJE ROSCADO	Ø36MM - 900MM	ASTM A-36
10	6	PERNOS	M16X1.5X150MM	SAE GRADO 5
11	6	TUERCAS	M16X1.5	SAE GRADO 5
12	1	VARIADOR DE VELOCIDAD ABB	ACS150-03-07A5-2	ACERO

Fuente: Elaboración propia

- Desplazamiento máximo ejercido por el peso del motor reductor de 42kg ->  $\delta_{max} = 0.003mm$ , lo cual es válido para el diseño.

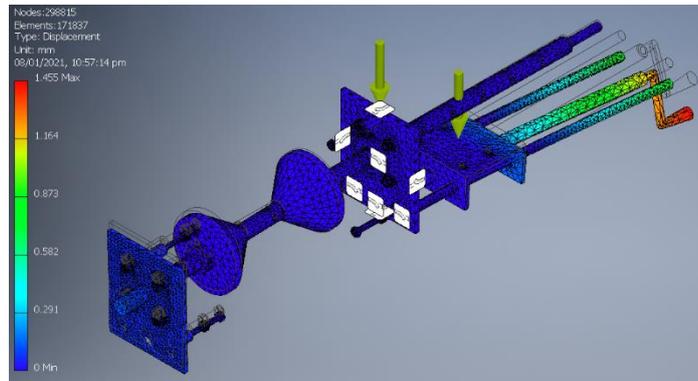
*Imagen N° 5. 1 ANÁLISIS DE DISEÑO 1*



Fuente: Elaboración propia

- Desplazamiento máximo ejercido por el peso del motor reductor de 42kg ->  $\delta_{\max} = 1.455\text{mm}$  en el punto más alejado y  $\delta = 0.1\text{mm}$  en el punto más cercano a la placa, lo cual es válido para el diseño.

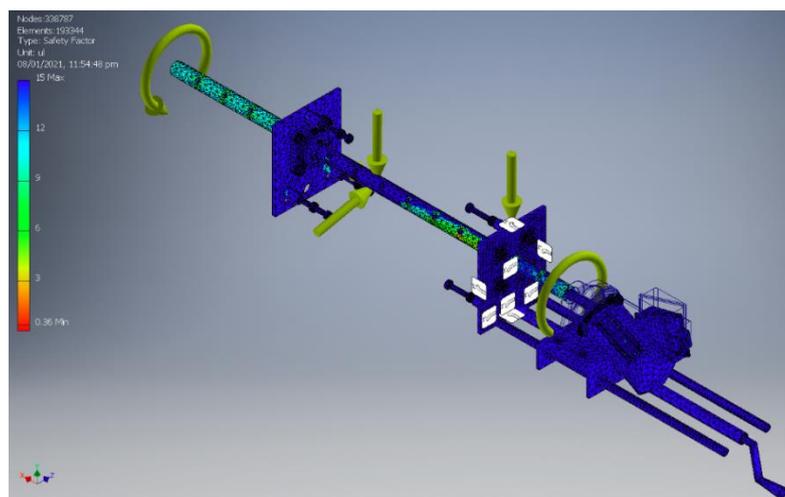
*Imagen N° 5. 2 ANÁLISIS DE DISEÑO 2*



Fuente: Elaboración propia

- Realizando Análisis de esfuerzos en el eje porta cuchillas para las fuerzas de avance, de corte, radial y momentos, se obtiene un valor como mínimo para el factor de seguridad de  $F_s = 3$  igual a lo calculado anteriormente.

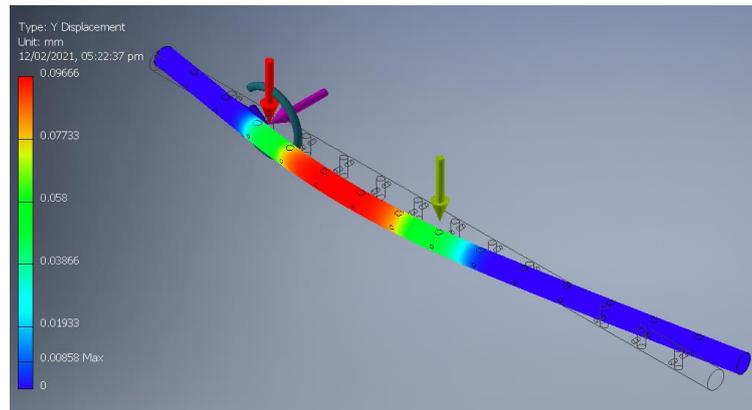
*Imagen N° 5. 3 ANÁLISIS DE DISEÑO 3*



Fuente: Elaboración propia

- Se realizó el análisis para máxima tensión producida (Von Mises) en el eje porta cuchillas para las fuerzas y momentos producidos en la posición 1 de la cuchilla 1 y se obtuvo como resultado una deformación  $\delta_{max} = 0.0966mm$ , esto nos indica que el diseño es correcto para el material A-36.

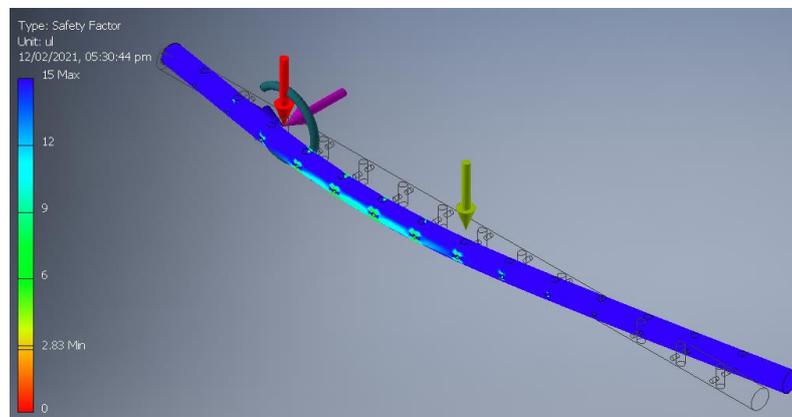
*Imagen N° 5. 4 ANÁLISIS EN EJE PORTACUILLAS EN POSICION 1 CUCHILLA 1*



Fuente: Elaboración propia

- También se analizó en la posición 1 de la cuchilla 1 el factor de seguridad y se obtuvo como resultado  $FS_{min} = 2.83$ , esto nos indica que el diseño es correcto para el material A-36.

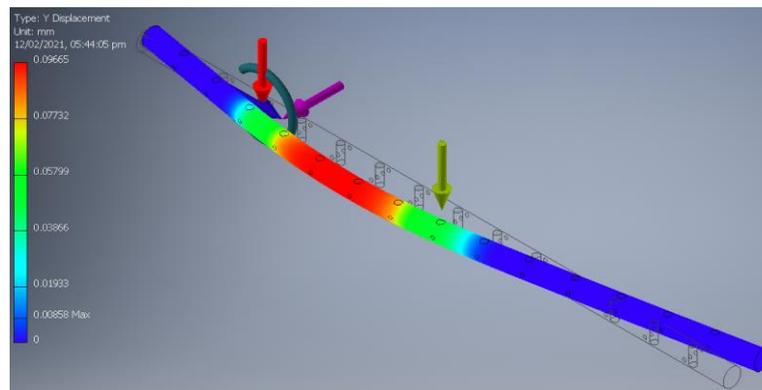
*Imagen N° 5. 5 ANÁLISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD EN POSICION 1 CUCHILLA 1*



Fuente: Elaboración propia

- Se realizó el análisis para máxima tensión producida (Von Mises) en el eje porta cuchillas para las fuerzas y momentos producidos en la posición crítica (momento máximo) Posición 2 de la cuchilla 1 y se obtuvo como resultado una deformación  $\delta_{max} = 0.09665mm$ , esto nos indica que el diseño es correcto para el material A-36.

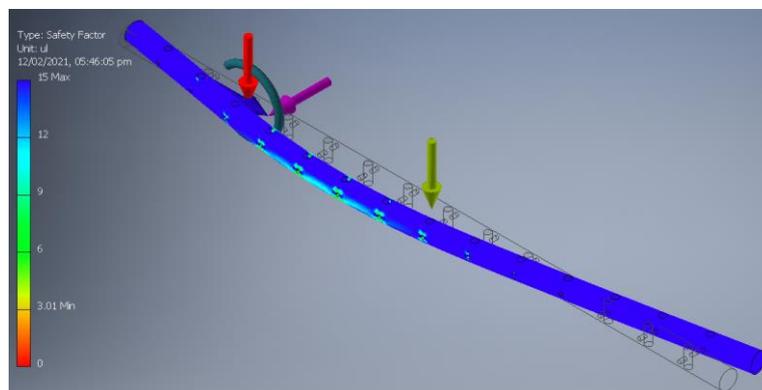
*Imagen N° 5. 6 ANÁLISIS EN EJE PORTACUHILLAS EN PUNTO DE MAXIMO MOMENTO*



Fuente: Elaboración propia

- También se analizó en la posición 1 de la cuchilla 1 el factor de seguridad y se obtuvo como resultado  $FS_{min} = 3.01$ , esto nos indica que el diseño es correcto para el material A-36.

*Imagen N° 5. 7 ANÁLISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD EN PUNTO DE MAXIMO MOMENTO*



Fuente: Elaboración propia

## VI. DISCUSION DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

*Tabla N° 6. 1 HIPOTESIS - RESULTADOS*

HIPOTESIS	RESULTADOS
<b>HIPOTESIS GENERAL:</b> Con el diseño del mandrinador portátil se obtendrá una máquina herramienta de bajo costo que permitirá realizar trabajos de rectificación de agujeros de 50 a 200mm de diámetro para una empresa metalmecánica.	De la Hipótesis General se obtuvieron los componentes correctamente diseñados para la máquina herramienta.  Componentes: Eje porta cuchillas, Eje de avance, Motor reductor, por lo tanto, con los componentes diseñados y seleccionados se logró una máquina herramientas de bajo costo.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 6. 2 HIPOTESIS ESPECIFICA I - RESULTADOS

HIPOTESIS	RESULTADOS
<b>HIPOTESIS ESPECIFICA 1:</b> Con la normativa y cálculos establecidos se realizará de manera adecuada el diseño mecánico del mandrinador portátil	De la Hipótesis específica 1, realizando el diseño mediante los parámetros establecidos para el material a mecanizar y los diámetros mínimo y máximo para el mandrinado se obtuvieron los materiales para el eje porta cuchillas diseñado bajo esfuerzos para posición crítica obtuvimos el diámetro de 45mm para continuar con el diseño de las siguientes partes de la máquina herramienta.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 6 3 HIPOTESIS ESPECIFICA II - RESULTADOS

HIPOTESIS	RESULTADOS
<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA 2:</b> Con la selección correcta de los componentes electromecánicos del mandrinador portátil se ahorrará costos de rectificado en el campo al evitar el traslado de la máquina a rectificar al taller.</p>	<p>De la Hipótesis específica 2, Con los parámetros establecidos y habiendo seleccionado la cuchilla de corte de acuerdo al material a mecanizar se obtuvo la potencia del motor que se requería para el diseño de la máquina herramienta.</p>

Fuente: Elaboración propia

## 6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

- Se realizó una comparación con otro mandrinador disponible en el mercado el cual tiene un trabajo similar de acuerdo a las características indicadas en la Tabla N° 6.4 y Tabla N° 6.5

Tabla N° 6 4 COSTOS DE COMPONENTES DEL MANDRINADOR PORTATIL DISEÑADO

N°	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	DENOMINACION	MATERIAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (SIN IGV)
1	2	UND	CHUMACERA PARED 4 AGUJEROS	UCF209D1	ACERO F.	S/ 45.00	S/ 90.00
2	2	UND	RODAMIENTO ØINT 45MM	61909-2RS1	ACERO I.	S/ 30.00	S/ 60.00
3	2	UND	CONO CENTRADOR	Ø210MM - L150MM	NYLON	S/ 18.00	S/ 36.00
4	1	UND	EJE PORTACUCHILLAS	150MM	A-36	S/ 332.97	S/ 332.97
5	2	UND	PLACA	300X250MM	A-36	S/ 139.69	S/ 279.39
6	1	UND	BASE DE MOTOR	200X250X86MM	A-36	S/ 128.21	S/ 128.21
7	2	UND	EJE GUIA	900MM	A-36	S/ 66.98	S/ 133.95
8	1	UND	MOTOR-REDUCTOR	2KJ1103	2KJ1103	S/ 750.00	S/ 750.00
9	1	UND	EJE ROSCADO	900MM	A-36	S/ 151.17	S/ 151.17
10	6	UND	PERNOS	M16X150	GRADO 5	S/ 2.00	S/ 12.00
11	6	UND	TUERCAS	M16	GRADO 5	S/ 1.50	S/ 9.00
12	1	UND	VARIADOR DE VELOCIDAD	ACS150-03-07A5-2	ACERO	S/ 350.00	S/ 350.00
13	40	HH	HORAS-HOMBRE	HORAS DE FABRICACION	-	S/ 15.00	S/ 600.00
						<b>TOTAL</b>	<b>S/ 2,932.69</b>
						<b>US\$</b>	<b>\$ 796.93</b>

TC 3.68

Fuente: Elaboración propia

Con componentes y materiales que se encuentran en el mercado nacional se obtuvo un precio aproximado de  $US\$ 796.93 \approx S/.2933.00$ , en la tabla N° 6.5 Se realiza una comparación entre los costos y características técnicas del mandrinador diseñado y uno existente en el mercado.

*Tabla N° 6. 5 CONTRASTACION DE RESULTADOS CON OTRO MANDRINADOR EN EL MERCADO*

<b>Características técnicas</b>	<b>Mandrinador propio diseñado</b>	<b>Mandrinador comercial tipo I</b>
Rango de agujeros a mandrinar	50 a 200 MM	42 a 400 MM
Operaciones a realizar	Mandrinar, bruñir, pulir, roscado	Soldadura, roscado, pulir
Rango de velocidades	40 a 150 RPM	50 a 180 RPM
Potencia	2 HP	2 HP
Costo total	\$ 796.93	€ 12500 = \$ 15000

Fuente: Elaboración propia

- De la tesis “DISEÑO DE UNA MANDRINADORA PORTÁTIL”, (China, 2015), utiliza tornillos autoroscantes de diámetro 8 mm para la sujeción de caja y sujeción de componentes eléctricos a diferencia de la presente investigación donde utilizo pernos M16X1.5mm para mejor sujeción y en grado 5, ambos casos cumplen normas técnicas peruanas e internacionales pero para una máquina con el nivel de vibración a la que se someterá es mejor utilizar pernos, por buenas prácticas de manufactura.
- De la tesis “DISEÑO DE PROTITPO DE BARRENADORA PORTATIL PARA MEJORAR EL PROCESO DE BARRENADO DE LA EMPRESA RESER JAVIER.S E.I.R.L”, (Mayta Nina, y

otros, 2019), Se obtiene un precio de fabricación de S/. 4734.94 a comparación de mi investigación donde se determinó que si la fabricación es en serie tendría un costo de *US\$* 796.93  $\approx$  S/.2933.00. Por lo que se reduce el precio de fabricación de la máquina herramienta.

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.**

De acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos N° 245-2018-CU en el CAPITULO II, Artículo 37° indica que la tesis debe ser un documento único y que no sea una copia. En tal motivo la tesis realizada cumple la responsabilidad ética ya que se citan cada una de las teorías extraídas de varios autores, por lo tanto, cabe resaltar que los resultados son únicos y personales sin plagio.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a la estructura del informe final de la investigación proporcionado por la Universidad Nacional del Callao se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Al realizar el diseño del mandrinador portátil se obtuvo una máquina herramienta de bajo costo utilizando personal humano y materiales disponibles en el país
2. Se obtuvieron los parámetros para el diseño del mandrinador en base a la lista de exigencias, guía de entrevista y de observación.
3. Mediante el diseño mecánico y la selección de los componentes electromecánicos se dimensionó correctamente la máquina herramienta en base a normativas ASME, ABMA y AWS.
4. Se realizó un análisis económico en base a los componentes del mandrinador diseñado que fabricado en serie tiene un costo de \$796.93 y uno del mercado extranjero en \$15000, se tiene una disminución en el costo de 95% para adquirir esta máquina herramienta.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda tener varias alternativas de diseño utilizando distintos materiales a fin de determinar las bondades de uno u otro diseño.
2. Se recomienda buscar financiamiento para continuar investigando dispositivos de aplicación en el campo metalmecánico.
3. Se debe proponer la creación de una planta metalúrgica de aceros especiales, estatal o privada a fin de tener materiales aleados para realizar este tipo de máquinas.
4. Se recomienda para trabajos de mayor diámetro (>200mm) realizar un rediseño general para dimensionar correctamente todos los componentes.
5. Se recomienda capacitación previa al personal que operará la máquina herramienta cuando este sea fabricado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ARUKASI. 2011.** <https://arukasi.wordpress.com/>. [En línea] 2011. [Citado el: 16 de Noviembre de 2020.] <https://arukasi.files.wordpress.com/2011/09/buriles.png>.

**Beer, Ferdinand P. y E. Russell Johnston, Jr. 2009.** *Mecánica de Materiales*. Quinta edición. México D.F. : Mc Graw Hill, 2009.

**Calderón, Jorge E. Zavaleta. 2017.** *Dibujo mecánico aplicado*. Primera edición. s.l. : EDUNI, 2017.

**CARPENOCTEM. 2012.** <https://carpenoctem2012.wordpress.com/>. [En línea] 2012. [Citado el: 18 de Noviembre de 2020.] <https://carpenoctem2012.wordpress.com/2012/08/26/esfuerzo-normal/>.

**Casillas, A.L. 1998.** *MAQUINAS CALCULOS DE TALLER*. s.l. : Autor-Publishers, 1998.

**Chinea, Edgar Hernandez. 2015.** *DISEÑO DE UNA MANDRINADORA PORTATIL*. Universidad de La Laguna, s.l., España : 2015.

**Choton, Fernando Alexander Aspajo. 2017.** *DISEÑO DE UNA MAQUINA PORTATIL PARA MANDRINAR LOS ALOJAMIENTOS DE LOS PINES EN LOS CUCHARONES DE LOS CARGADORES FRONTALES 966H CAT DE LA EMPRESA CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. (CMH)*. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú : 2017.

**DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. 2020.** <https://www.demaquinasyherramientas.com/>. [En línea] 2020. [Citado el: 20 de Noviembre de 2020.] <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/rectificadoras-tipos-y-usos>.

**Espinoza Montes, Ciro. 2010.** *Metodología de investigación tecnológica*. Primera edición. Huancayo : Imagen Grafica SAC, 2010.

**FIUBA - FACULTAD DE INGENIERIA DE UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. 2017.** <http://materias.fi.uba.ar/>. [En línea] 2017. [Citado el: 01 de Diciembre de 2020.] [http://materias.fi.uba.ar/7204/teoricas/Teoria\\_maquinado.pdf](http://materias.fi.uba.ar/7204/teoricas/Teoria_maquinado.pdf).

**HIBBELER, RUSSELL C. 2011.** *MECÁNICA DE MATERIALES*. Octava. Naucalpan de Juarez : PEARSON, 2011.

**Ibarzabal, D. Josu Eguia. 2017.** *METODOLOGÍA INTEGRAL PARA EL DISEÑO Y PROPUESTA DE OPERACIÓN MEJORADA DE FRESADORAS PORTABLES CON CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN GLOBAL DE CAPACIDADES*. Universidad del País Vasco, Bilbao, España : 2017.

**INGMECANEFIX. 2018.** <https://www.ingmecafenix.com/>. [En línea] 2018. [Citado el: 02 de Noviembre de 2020.] <https://www.ingmecafenix.com/otros/maquinas-herramientas/la-fresadora/>.

**Jutz, Hermann. 1984.** *Tablas para la Industria Metalúrgica GTZ*. Bacerlona : Reberte, 1984.

**Mayta Nina, Francisco y Ancalla, Ayma Edgar. 2019.** *Diseño de Prototipo de Barrenadora Portátil para mejorar el proceso de barrenado en la Empresa RESER JAVIER.S E.I.R.L.-Arequipa*. Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa, Perú : 2019.

**MECATECVIGO. 2020.** MECATECVIGO. <https://mecatecvigo.com>. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de Noviembre de 2020.] <https://mecatecvigo.com/brunido-de-camisas/>.

**Ministerio de la Producción. 2020.** Estadística MIPYME. *MICRO, PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESAS (MIPYME)*. 2020.

**Navarrete, Luis Santillan. 2015.** *DISEÑO DE UNA MÁQUINA FRESADORA-BARRENADORA CNC*. Universidad Nacional Autónoma de México, s.l., México : 2015.

**Niemann, G. 1973.** *ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. Segunda edición. Barcelona : LABORA S.A., 1973.

**Nisbett, Richard G. Budynas y J. Keith. 2008.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Octava edición. México D.F : Mc Graw Hill, 2008.

**Norton, Robert L. 2013.** *DISEÑO DE MAQUINAS*. Quinta edición. México D.F. : Mc Graw Hill, 2013.

**Sampieri, Roberto Hernández. 2014.** *Metodología de la investigación*. Ciudad de México : McGRAW-HILL, 2014.

**SANDVIK. 2018.** <http://www.interempresas.net/>. [En línea] 2018. [Citado el: 25 de Noviembre de 2020.] [http://www.interempresas.net/feriavirtual/catalogos\\_y\\_documentos/4396/mtg\\_f.pdf](http://www.interempresas.net/feriavirtual/catalogos_y_documentos/4396/mtg_f.pdf).

**Shigley, Joseph Eduard y Uicker John Joseph. 2001.** *TEORÍA DE MAQUINAS Y MECANISMOS*. Primera edición. México D.F. : Mc Graw Hill, 2001.

**SKF, Grupo. 2019.** *CATALOGO DE RODAMIENTOS*. Segunda edición. s.l. : Grupo SKF, 2019.

**SlidePlayer. 2020.** SlidePlayer. [En línea] 2020. <https://slideplayer.es/slide/1110651/>.

**Society, American Welding. 2015.** *Código de soldadura estructural - acero*. Danvers : AWS, 2015.

**TDX Tesis Doctorals en Xarxa. 2020.** <https://www.tdx.cat>. [En línea] 2020. [Citado el: 25 de Noviembre de 2020.] <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05de16.pdf>.

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA. 2019.** <https://blog.utp.edu.co>. [En línea] 2019. [Citado el: 22 de Noviembre de 2020.] <https://blog.utp.edu.co/metalografia/diagramas-esfuerzo-deformacion-unitaria-convencional-y-real-para-un-material-ductil-acero-no-de-escala-2/>.

**Vigo, Segundo Javier Paz. 2017.** *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN REFRENTADOR PORTÁTIL PARA TRABAJOS INSITU EN MAQUINARIA*

*PESADA EN LA EMPRESA ESCO PERÚ, CAJAMARCA.* Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú : 2017.

**WIKIPEDIA. 2019.** <https://es.wikipedia.org/>. [En línea] 2019. [Citado el: 21 de Noviembre de 2020.]  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/HwacheonCentreLathe\\_460x1000.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/HwacheonCentreLathe_460x1000.jpg).

# ANEXOS

## Anexo N° 1 Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO: DISEÑO DE UN MANDRINADOR PORTÁTIL DE BAJO COSTO PARA RECTIFICACIONES DE AGUJEROS DE 50 A 200 MM DE DIÁMETRO PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA					
AUTOR: DAVID ALEJANDRO CAJACURI ACOSTA					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES		
			VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipotesis general</b>			
¿Cómo diseñar un mandrinador portátil de bajo costo que permita rectificar agujeros de 50 a 200mm de diámetro para una empresa metalmecánica?	Diseñar un mandrinador portátil de bajo costo mediante un enfoque analítico e ingenieril para lograr trabajos de rectificación de agujeros de 50 a 200mm de diámetro para una empresa metalmecánica	Con el diseño del mandrinador portátil se obtendrá una máquina herramienta de bajo costo que permitirá realizar trabajos de rectificación de agujeros de 50 a 200mm de diámetro para una empresa metalmecánica	Independiente: Diseño de un mandrinador portátil.	Calculo mecanico y materiales	- Espesor de planchas (mm) - Diametro de ejes (mm) - Velocidad de corte (m/s) - Esfuerzo de corte (kg/m2) - Esfuerzo de rotura (kg/m2)
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipotesis específicas</b>		Selección de componentes electromecánicos	- Potencia (HP) - Revoluciones (rpm)
¿Cómo realizar el diseño mecánico de la máquina herramienta mandrinador portátil?	Realizar el diseño mecánico de la máquina herramienta mandrinador portátil.	Con la normativa y cálculos establecidos se realizará de manera adecuada el diseño mecánico del mandrinador portátil.			
¿Cómo seleccionar los componentes electromecánicos adecuados para el funcionamiento de la máquina herramienta mandrinador portátil?	Seleccionar correctamente los componentes electromecánicos adecuados para el funcionamiento de la máquina herramienta mandrilador portátil.	Con la selección correcta de los componentes electromecánicos del mandrinador portátil se ahorrará costos de rectificado en el campo al evitar el traslado de la máquina a rectificar al taller.	Dependiente: Rectificaciones de agujeros de 50 a 200 mm de diámetro	Eficiencia	Costo de materiales (Soles) Horas hombre de mecanizado (Horas)

## Anexo N° 2 Instrumentos validados

### FICHA DE ENTREVISTA

### FICHA DE ENTREVISTA

NOMBRES Y APELLIDOS: \_\_\_\_\_ ROGER BENITES ENRIQUEZ  
EMPRESA: \_\_\_\_\_ RBE INGENIEROS EIRL  
CARGO: \_\_\_\_\_ GERENTE  
FECHA: \_\_\_\_\_

Cuestionario:

1) ¿Cuál es el material que en su mayoría mandrina la empresa, y que otros existen?

El material que en la mayoría mandrinamos o hacemos trabajos de mecanizado en agujeros para recuperación de alojamientos son los aceros aleados en especial los AISI 4140, 4118, 1045

2) ¿Qué herramienta o máquina utiliza para realizar el mandrinado de piezas o maquinaria grande?

Utilizamos el torno como maquina herramienta principal en el caso de mandrinado para recuperación de alojamientos, si la pieza no cabe en el torno realizamos el tercerizado de estos trabajos.

3) ¿Tiene conocimiento de la máquina herramienta mandrinador portátil?

Si, es una maquina herramienta operada de forma automatica o manual como un torno de dimensiones menores y que puede ser trasladado de un lugar a otro sin inconvenientes.

4) De tener conocimiento, ¿Por qué aún no la ha implementado o comprado para el taller?

No la hemos comprado aún, debido al alto costo que este representa en el mercado, pero estamos atento a las cotizaciones y a los requerimientos que tenemos para poseer una en el futuro como es la de que con un solo motor este pueda ser funcional para el giro del eje y el tornillo de avance

5) En dónde utilizaría mayormente el mandrinador de poseerlo (Taller o campo)

La utilizaría en campo y nos dedicaríamos mas al tema del mantenimiento ya que esta herramienta tendría un uso mayor ahí

6) De implementarlo en el futuro, ¿Cuales serían los parámetros que requeriría ésta para utilizarla en los trabajos de mecanizado en taller y planta?

Hemos rechazado ofertas de trabajo donde se nos pedía realizar el mandrinado con precisión y recuperación de alojamientos de agujeros entre 50 y 200mm debido a la falta de una herramienta para este trabajo en campo, si la pieza a mecanizar se puede trasladar al taller no tenemos problema en realizarlos sin necesidad de un mandrinador portátil.

## GUIA DE OBSERVACIÓN

NOMBRE DE LA EMPRESA	KALE INGENIEROS S.A
NOMBRE DE OBSERVADOR	Carlos García Silva
CARGO	Operario Soldador - Tornero
RUBRO DE LA EMPRESA	Metalmecánica

Objetivo: Observar y evaluar la condición de piezas a mecanizar cuando se tiene un trabajo de mandrinado en campo y taller

N°	ASPECTO A EVALUAR	OBSERVACION
1	Con que maquina herramienta realizan con el proceso de mandrinado en campo	El proceso de mandrinado para piezas que no entran en un torno y se realizan en campo se realizan con un taladro HILTI para diametros de 10 a 25mm
2	Con que maquina herramienta realizan con el proceso de mandrinado en taller	Si es una pieza muy grande que no entra en el torno como una cuchara de acarreo de Maquinaria pesada se utiliza la fresadora adaptándolo a la necesidad
3	Los trabajos de mandrinado en taller/campo se han realizado con dificultad y sin precision	Si, se tiene dificultad para las piezas de maquinarias grandes, con la precision tambien debido a que no es igual trabajar en vertical que en horizontal.
4	El numero de personas que van a campo a realizar los trabajos de mandrinador exceden a 2 personas	Si, a campo asisten como minimo 4 personas debido a que las profundidades a mandrinar son de 50 a 100 mm

  
 CARLOS GARCÍA

## Anexo N° 3 Otros anexos

### ANEXO A: Material de cuchilla (Tungsteno)



Tungsteno ( W )  
Información sobre el Material

#### Propiedades Mecánicas

Estado del Material	Blando	Duro	Policristalino
Dureza - Vickers	360	500	
Límite Elástico ( MPa )	550		
Módulo de Tracción ( GPa )			411
Módulo Volumétrico ( GPa )			311
Relación de Poisson			0,28
Resistencia a la Tracción ( MPa )	550-620	1920	

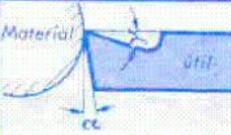
#### Propiedades Térmicas

Calor Específico a 25C ( J K <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	133
Calor Latente de Evaporación ( J g <sup>-1</sup> )	4009
Calor Latente de Fusión ( J g <sup>-1</sup> )	192
Coefficiente de Expansión Térmica @0-100C ( x10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	4,5
Conductividad Térmica a 0-100C ( W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	173

## ANEXO B: Tablas para Velocidad de corte y fuerza específica de corte

Extracto  
AWF 158

Valores de orientación para vel. de corte-ángulo de corte-fuerza esp. de corte



Los valores se refieren a corte en seco con:  
 útiles de ac. rápido para vel. de corte  $v_{60}$  (durac. herra. 60 min.)  
 útiles de metal duro para vel. de corte  $v_{240}$  (durac. herra. 240 min.)  
 áng. de posición  $\chi = 45^\circ$ , áng. punta  $\epsilon = 90^\circ$ , áng. inclinac.  $\lambda = 0 \dots 8^\circ$   
 con metales ligeros y materiales sintéticos, y prensados  $\lambda = 5 \dots 10^\circ$

Los valores de orientación sirven para profund. de corte hasta 5 mm, para  $> 5$  mm la velocidad de corte es un 10 ... 20% menor.

Los val. de la fza, espec. de corte son para una profund. de corte de 2...10 veces el avance

Material	Util	Ángulos corte		Avance $s$ en (mm rev)						Avance $s$ en mm rev							
		$\chi$ cc°	$\gamma$ °	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	0,1	0,2	0,4	0,8				
Velocidad de corte $v$ en m/min													Fuerza específica de corte $k_s$ Sección de tensiones N/mm <sup>2</sup>				
Acero sin alear St 34, St 37, St 42	SS S	8 5	14 10		60	45	34	25	19					3600	2800	1900	1360
St 50, St 60	SS S	8 5	14 10		44	32	24	18	14					4100	2950	2150	1540
St 70	SS S	8 5	14 10		32	24	18	13	10					4400	3150	2300	1640
Acero moldeado	SS S	8 5	10 6		34	25	19	14	11					3600	2800	1900	1360
<u>Aceros aleados</u>	SS S	8 5	10 6		23	17	12	8,5	(6)					5000	3600	2600	1850
Ac. Mn, ac. Cr-Ni Ac. Cr-Mo	SS S	8 5	6 6		16	11	8	(5,6)						5300	3800	2750	2000

### ANEXO C: Tabla de posible potencia de accionamiento de 1KW

CAPACIDAD DE MECANIZADO		POTENCIA DE ACCIONAMIENTO																
Sección viruta $f = a \cdot s$ en $\text{mm}^2$	$a =$ profundidad viruta en mm	$a =$ profundidad viruta en mm	$s =$ avance en mm/rev.															
Volumen viruta $V = a \cdot s \cdot v$ en $\text{cm}^3/\text{min}$	$v =$ velocidad de corte en m/min	$v =$ velocidad de corte en m/min	$ks =$ fuerza específica de corte en $\text{N}/\text{mm}^2$															
Fuerza de corte $F = a \cdot s \cdot ks$ en $\text{N}/\text{mm}^2$	$\eta =$ rendimiento	$ks =$ fuerza específica de corte en $\text{N}/\text{mm}^2$	$\eta =$ rendimiento															
Potencia motor de accionam. $P = \frac{a \cdot s \cdot ks \cdot v}{60 \cdot 102 \cdot \eta}$ en W																		
Ej.: Material St 37, $a = 4$ mm, $s = 0,4$ mm/rev., $ks = 1900$ $\text{N}/\text{mm}^2$ , $v = 45$ m/min, $\eta = 0,75$																		
Se busca la potencia necesaria $P$ [kW] $P = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 1900 \cdot 45}{60 \cdot 0,75} = 3030$ W $\approx 3$ kW																		
SECCION DE VIRUTA POSIBLE PARA POTENCIA ACCIONAMIENTO $P = 1$ kW																		
Velocidad corte m/min	Fuerza específica de corte en $\text{N}/\text{mm}^2$																	
	8000	5700	5000	4800	4100	3600	3000	2600	2150	2000	1900	1800	1400	1250	1000	700	500	350
	Sección viruta $S$ en $\text{mm}^2$ para $P = 1$ kW ( $\eta = 0,75$ )																	
5	1,39	1,61	1,83	1,91	2,23	2,55	3,06	3,53	4,27	4,59	4,83	5,73	6,55	7,34	9,18	13,11	18,36	26,22
6	1,15	1,34	1,53	1,59	1,86	2,12	2,53	2,94	3,55	3,82	4,02	4,78	5,46	6,12	7,65	10,92	15,30	21,85
8	0,87	1,00	1,14	1,19	1,39	1,59	1,91	2,20	2,66	2,86	3,02	3,56	4,09	4,59	5,73	8,19	11,47	16,39
10	0,69	0,80	0,91	0,95	1,11	1,27	1,53	1,76	2,13	2,29	2,41	2,86	3,27	3,67	4,59	6,55	9,18	13,11
13	0,53	0,61	0,70	0,73	0,83	0,98	1,17	1,53	1,64	1,76	1,85	2,20	2,52	2,82	3,53	5,04	7,06	10,08
14	0,49	0,57	0,65	0,68	0,79	0,91	1,09	1,26	1,52	1,64	1,72	2,04	2,36	2,62	3,27	4,68	6,55	9,36
15	0,46	0,53	0,61	0,63	0,74	0,85	1,02	1,17	1,42	1,53	1,61	1,91	2,18	2,44	3,06	4,37	6,12	8,74
18	0,38	0,44	0,51	0,53	0,62	0,70	0,85	0,98	1,18	1,26	1,34	1,59	1,82	2,04	2,55	3,64	5,10	7,28
20	0,34	0,40	0,45	0,47	0,55	0,63	0,76	0,88	1,06	1,14	1,20	1,43	1,63	1,83	2,29	3,27	4,59	6,55
24	0,29	0,33	0,38	0,39	0,46	0,53	0,63	0,73	0,88	0,95	1,00	1,19	1,36	1,53	1,91	2,18	3,82	5,46
25	0,27	0,32	0,36	0,38	0,44	0,51	0,61	0,70	0,85	0,91	0,98	1,14	1,31	1,46	1,83	2,62	3,67	5,24
27	0,25	0,29	0,34	0,35	0,41	0,47	0,57	0,65	0,79	0,85	0,89	1,06	1,21	1,36	1,70	2,42	3,40	4,85
32	0,21	0,25	0,28	0,29	0,35	0,39	0,47	0,55	0,66	0,71	0,75	0,89	1,02	1,14	1,41	2,04	2,86	4,09

## ANEXO D: Selección de motor reductor

### Motorreductores Motorreductores cónicos helicoidales

Motorreductores de hasta 200 kW

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia $P_{\text{motor}}$ kW	Velocidad de salida		Par de salida $T_2$ Nm	Factor de servicio $f_s$	Índice de reducción $i_{\text{tot}}$	Referencia	Código (n.º polos)	Peso <sup>1)</sup> kg
	$n_2$ (50 Hz) min <sup>-1</sup>	$n_2$ (60 Hz) min <sup>-1</sup>						
1,5 (50 Hz)	K.48-LA90L4							
1,8 (60 Hz)	92	110	156	2,9	15,42 ★	2KJ1503 - ■EP13 - ■■H1		35
	102	122	140	3,1	13,90	2KJ1503 - ■EP13 - ■■G1		35
	119	143	121	3,5	11,95 ★	2KJ1503 - ■EP13 - ■■F1		35
	125	150	114	2,5	11,35 ★	2KJ1503 - ■EP13 - ■■E1		35
	140	168	102	2,8	10,15	2KJ1503 - ■EP13 - ■■D1		35
	152	182	94	2,9	9,32 ★	2KJ1503 - ■EP13 - ■■C1		35
	169	203	85	3,2	8,40	2KJ1503 - ■EP13 - ■■B1		35
	197	236	73	3,5	7,22 ★	2KJ1503 - ■EP13 - ■■A1		35
	K.38-LA90L4							
	49	59	290	0,86	28,72 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■S1		31
	53	64	271	0,8	26,90 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■R1		31
	59	71	244	0,86	24,16	2KJ1502 - ■EP13 - ■■Q1		31
	65	78	220	0,92	21,81 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■P1		31
	72	86	200	0,99	19,78	2KJ1502 - ■EP13 - ■■N1		31
	79	95	181	1,1	17,99 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■M1		31
	89	107	161	1,1	15,91	2KJ1502 - ■EP13 - ■■L1		31
	97	116	148	1,2	14,69 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■K1		31
	112	134	128	1,3	12,65	2KJ1502 - ■EP13 - ■■J1		31
	123	148	116	1,4	11,50 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■H1		31
	132	158	108	1,5	10,72 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■G1		31
	146	175	98	1,6	9,72	2KJ1502 - ■EP13 - ■■F1		31
	160	192	89	1,8	8,85 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■E1		31
	182	218	79	2	7,82	2KJ1502 - ■EP13 - ■■D1		31
	197	236	73	2,2	7,22 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■C1		31
	228	274	63	2,4	6,22	2KJ1502 - ■EP13 - ■■B1		31
	251	301	57	2,6	5,65 ★	2KJ1502 - ■EP13 - ■■A1		31
	B.38-LA90L4							

## ANEXO E: Selección de variador de frecuencia

### ACS150-03E-07A5-2



Products → Drives → Low voltage AC drives → Micro drives

#### General Information

Global Commercial Alias:	ACS150-03E-07A5-2
Product ID:	68582041
ABB Type Designation:	ACS150-03E-07A5-2
EAN:	6410038079406
Catalog Description:	IP20; 3 phase;

#### Ordering

Country of Origin:	China (CN) Finland (FI)
Customs Tariff Number:	85044084
EAN:	6410038079406
Invoice Description:	ACS150-03E-07A5-2 Pn 1,5kW, I2n 7,5A IP20
Made To Order:	No
Minimum Order Quantity:	1 piece
Order Multiple:	1 piece
Quote Only:	No
Selling Unit of Measure:	piece
Stocked At (Warehouses):	Central Stock Europe Central Stock Asia FIPSEEXPU US Drive Services FIPSEEXPU014 SGRDC002EXPU CNIAB001EXPU SGIND002EXPU AUABB024EXPU

#### Dimensions

Product Net Height:	344 mm
Product Net Length:	217 mm
Product Net Weight:	1.7 kg
Product Net Width:	132 mm

#### Technical

Enclosure Class:	IP20
Frequency (f):	48 ... 63 Hz
Input Voltage (U <sub>n</sub> ):	200 ... 240 V
Mounting Type:	Cabinet / Wall mounting
Number of Phases:	3
Output Current, Light-Overload Use:	7.5 A
Output Current, Normal Use:	7.5 A
Output Power, Light-Overload Use:	1.5 kW 2 Hp
Output Power, Normal Use:	1.5 kW 2 Hp

ANEXO F: Tabla 11-1 Shigley

**Tabla 11-1**

Factores de carga radial equivalente para cojinetes de bolas

$F_o/C_o$	$e$	$F_o/(VF_r) \leq e$		$F_o/(VF_r) > e$	
		$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

\*Útilice 0.014 si  $F_o/C_o < 0.014$ .

## ANEXO G: Tabla 11-2 Shigley

**Tabla 11-2**

Dimensiones y clasificaciones de carga para cojinetes de bolas de contacto angular, de una fila, serie 02, de ranura profunda

Diámetro interior, DE, mm		Ancho, mm	Radio del entalle, mm	Diámetro del hombro, mm		Clasificaciones de carga, kN			
				$d_s$	$d_H$	Ranura profunda		Contacto angular	
						$C_{10}$	$C_0$	$C_{10}$	$C_0$
10	30	9	0.6	12.5	27	5.07	2.24	4.94	2.12
12	32	10	0.6	14.5	28	6.89	3.10	7.02	3.05
15	35	11	0.6	17.5	31	7.80	3.55	8.06	3.65
17	40	12	0.6	19.5	34	9.56	4.50	9.95	4.75
20	47	14	1.0	25	41	12.7	6.20	13.3	6.55
25	52	15	1.0	30	47	14.0	6.95	14.8	7.65
30	62	16	1.0	35	55	19.5	10.0	20.3	11.0
35	72	17	1.0	41	65	25.5	13.7	27.0	15.0
40	80	18	1.0	46	72	30.7	16.6	31.9	18.6
45	85	19	1.0	52	77	33.2	18.6	35.8	21.2
50	90	20	1.0	56	82	35.1	19.6	37.7	22.8
55	100	21	1.5	63	90	43.6	25.0	46.2	28.5
60	110	22	1.5	70	99	47.5	28.0	55.9	35.5
65	120	23	1.5	74	109	55.9	34.0	63.7	41.5
70	125	24	1.5	79	114	61.8	37.5	68.9	45.5
75	130	25	1.5	86	119	66.3	40.5	71.5	49.0
80	140	26	2.0	93	127	70.2	45.0	80.6	55.0
85	150	28	2.0	99	136	83.2	53.0	90.4	63.0
90	160	30	2.0	104	146	95.6	62.0	106	73.5
95	170	32	2.0	110	156	108	69.5	121	85.0

## ANEXO H: Catálogo SKF para L10h

Tabla 1

### Valores orientativos de la vida especificada de los diferentes tipos de máquinas

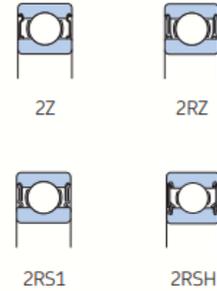
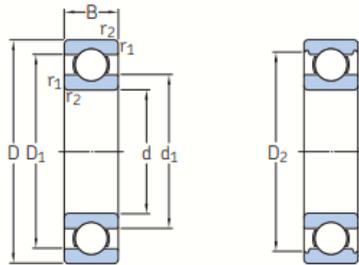
Tipo de máquina	Vida especificada Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos: herramientas eléctricas portátiles, dispositivos de elevación en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3000 ... 8 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos donde se requiere una alta confiabilidad de funcionamiento: ascensores (elevadores), grúas para productos embalados o eslingas para tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizadas al máximo: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizando plenamente sus capacidades: herramientas mecánicas, máquinas para carpintería, máquinas para la industria de la ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de impresión, separadores y centrifugadoras	20 000 ... 30 000
Máquinas para 24 horas de trabajo continuo: unidades de engranajes para laminadoras, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000

## ANEXO I: Catálogo SKF – Rodamientos de bolas

### 1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 45 – 50 mm

L



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad límite <sup>1)</sup>		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado <sup>1)</sup>
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–	
45	58	7	6,63	6,1	0,26	–	6 700	0,04	▶ 61809-2RS1	–
	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	11 000	0,04	▶ 61809-2RZ	–
	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	14 000	0,04	▶ 61809	–
	68	12	14	10,8	0,465	–	6 000	0,14	▶ 61909-2RS1	–
	68	12	14	10,8	0,465	20 000	10 000	0,14	▶ 61909-2RZ	–
	68	12	14	10,8	0,465	20 000	13 000	0,14	▶ 61909	–
	75	10	16,5	10,8	0,52	20 000	12 000	0,17	▶ 16009	–
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	12 000	0,24	▶ 6009	–
	75	16	22,1	14,6	0,64	–	5 600	0,25	▶ 6009-2RS1	6009-RS1
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	10 000	0,25	▶ 6009-2Z	6009-Z
	75	23	20,8	14,6	0,64	–	5 600	0,36	▶ 63009-2RS1	–
	85	19	35,1	21,6	0,915	17 000	11 000	0,42	▶ 6209	–
	85	19	35,1	21,6	0,915	–	5 000	0,42	▶ 6209-2RSH	▶ 6209-RSH
	85	19	35,1	21,6	0,92	17 000	8 500	0,43	▶ 6209-2Z	6209-Z
	85	23	33,2	21,6	0,915	–	5 000	0,51	▶ 62209-2RS1	–

## ANEXO J: Catálogo SKF – Rodamientos de bolas

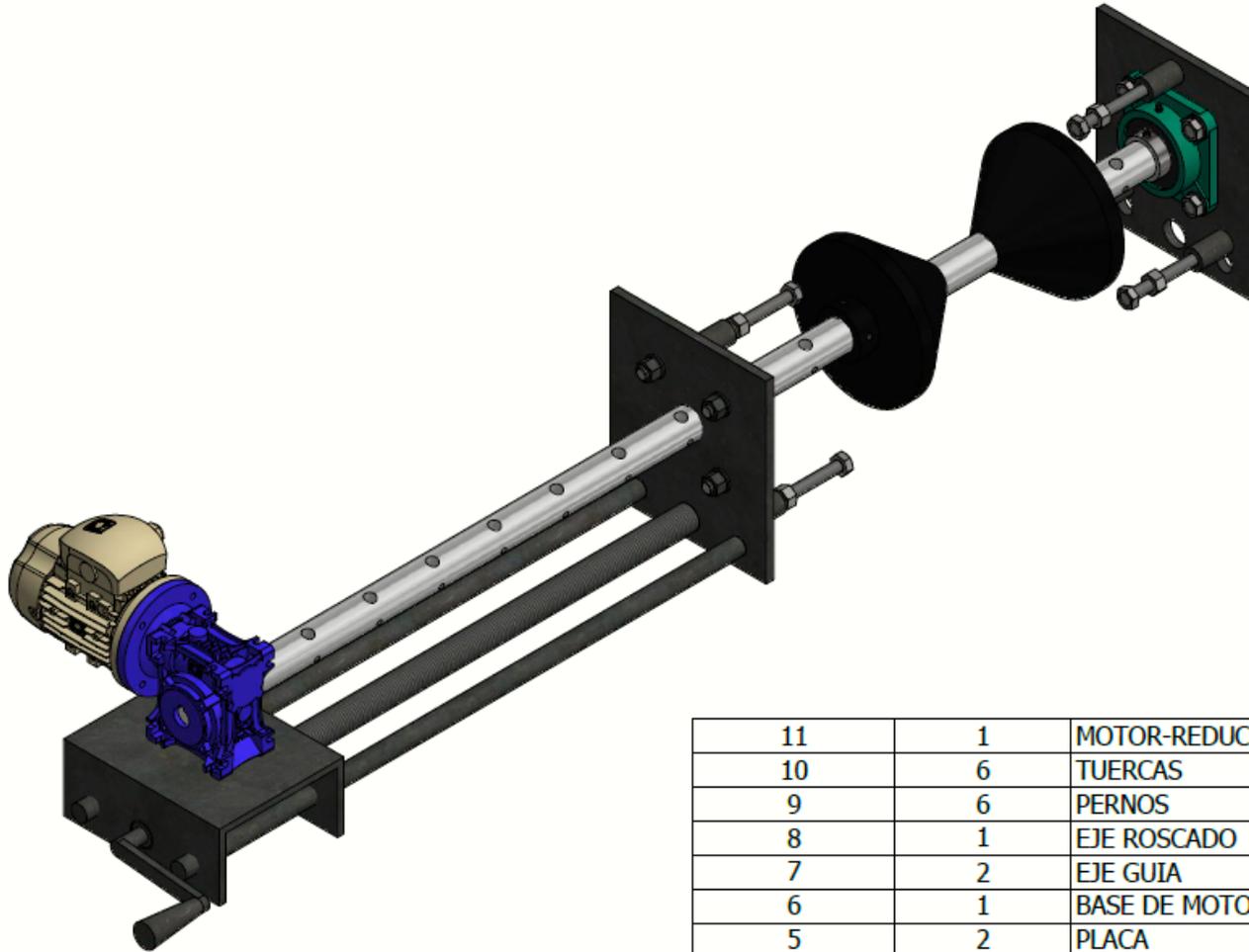
**Tabla 8-1**

Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino\*

Diámetro mayor nominal $d$ , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_r$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_r$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

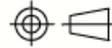
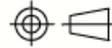
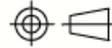
\*Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación  $d_r = d - 1.226\ 869p$ , y el diámetro de paso a partir de  $d_p = d - 0.649\ 519p$ . La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

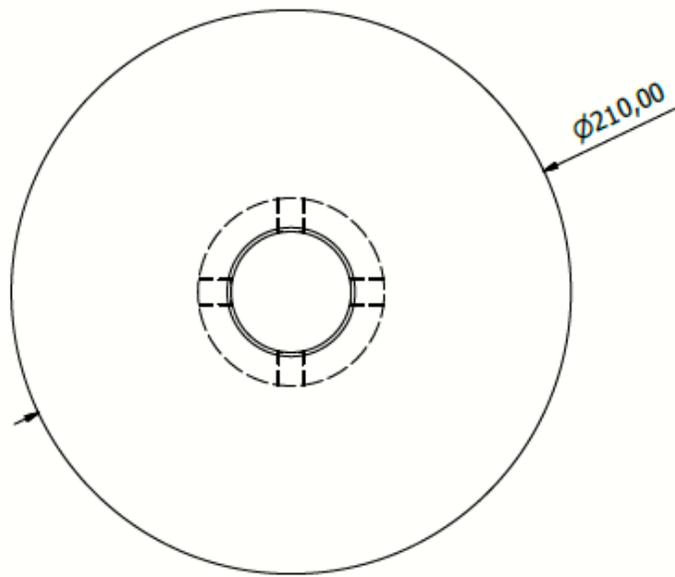
## Anexo N° 4 Planos



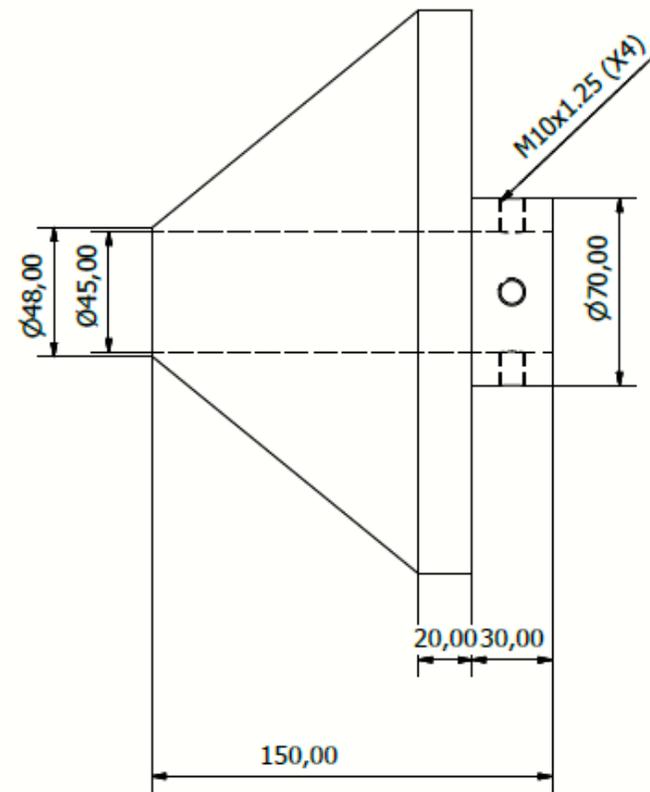
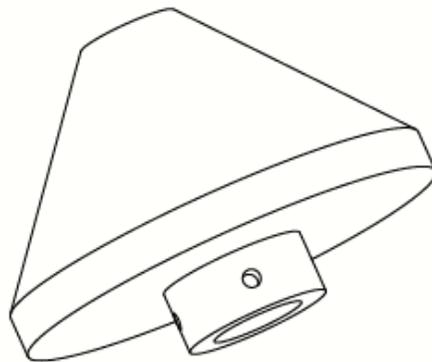
11	1	MOTOR-REDUCTOR	K.48-LA90L4
10	6	TUERCAS	M16
9	6	PERNOS	M16X150
8	1	EJE ROSCADO	A-36
7	2	EJE GUIA	A-36
6	1	BASE DE MOTOR	A-36
5	2	PLACA	A-36
4	1	EJE PORTACUCHILLAS	A-36
3	2	CONO CENTRADOR	NYLON O BAQUELITA
2	2	RODAMIENTO	61909-2RS1
1	2	CHUMACERA/RODAMIENTO	UCF209D1
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL

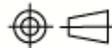
PARTS LIST

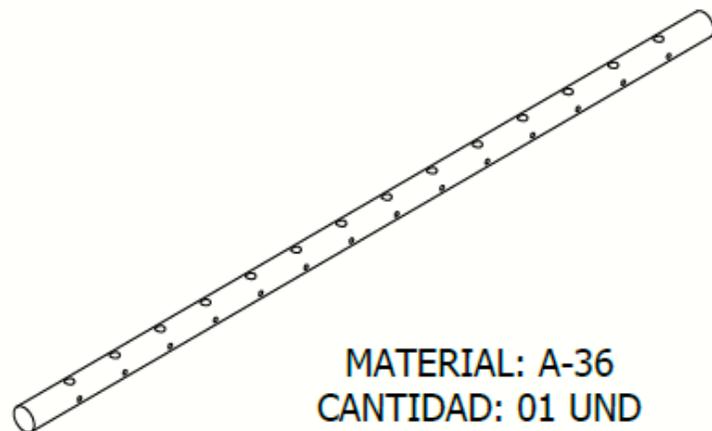
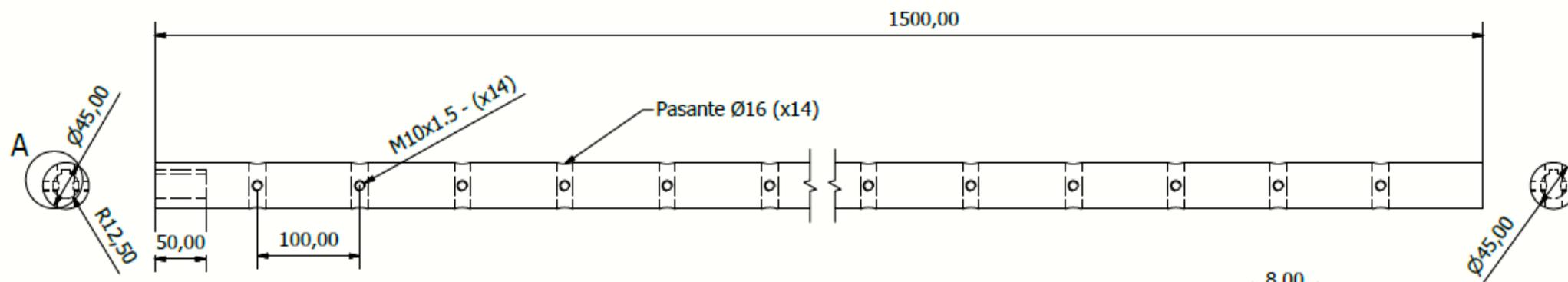
FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA		PROYECTO <b>MANDRINADOR PORTATIL</b>																							
		TITULO DEL PLANO VISTA GENERAL																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">APROBACIONES</th> <th>FECHA</th> <th rowspan="3">N° PROYECTO DC-005</th> <th rowspan="3">  </th> <th rowspan="3">NUMERO 001</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DISEÑADO</td> <td>D. CAJACURI</td> <td>08/01/2021</td> </tr> <tr> <td>DIBUJADO</td> <td>D. CAJACURI</td> <td>08/01/2021</td> </tr> <tr> <td colspan="2">APROBADO</td> <td>08/01/2021</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>ESCALA</td> <td>1:6</td> <td>HOJA</td> <td>A3</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		APROBACIONES		FECHA	N° PROYECTO DC-005		NUMERO 001	DISEÑADO	D. CAJACURI	08/01/2021	DIBUJADO	D. CAJACURI	08/01/2021	APROBADO		08/01/2021				ESCALA	1:6	HOJA	A3
APROBACIONES		FECHA	N° PROYECTO DC-005		NUMERO 001																				
DISEÑADO	D. CAJACURI	08/01/2021																							
DIBUJADO	D. CAJACURI	08/01/2021																							
APROBADO		08/01/2021																							
ESCALA	1:6	HOJA	A3																						



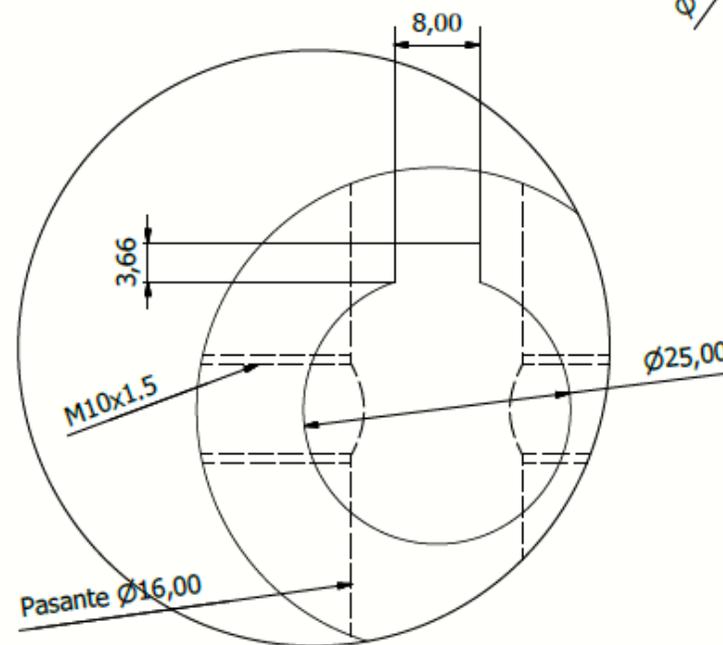
MATERIAL: A-36  
CANTIDAD: 02 UND



FACULTAD FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA		PROYECTO <b>MANDRINADOR PORTATIL</b>				
		APROBACIONES				FECHA
		DISEÑADO D. CAJACURI		30/12/2020	CONOS CENTRADORES	
		DIBUJADO D. CAJACURI		30/12/2020	N° PROYECTO	
APROBADO		30/12/2020	DC-005	002		
ESCALA	1:2	HOJA	A3			

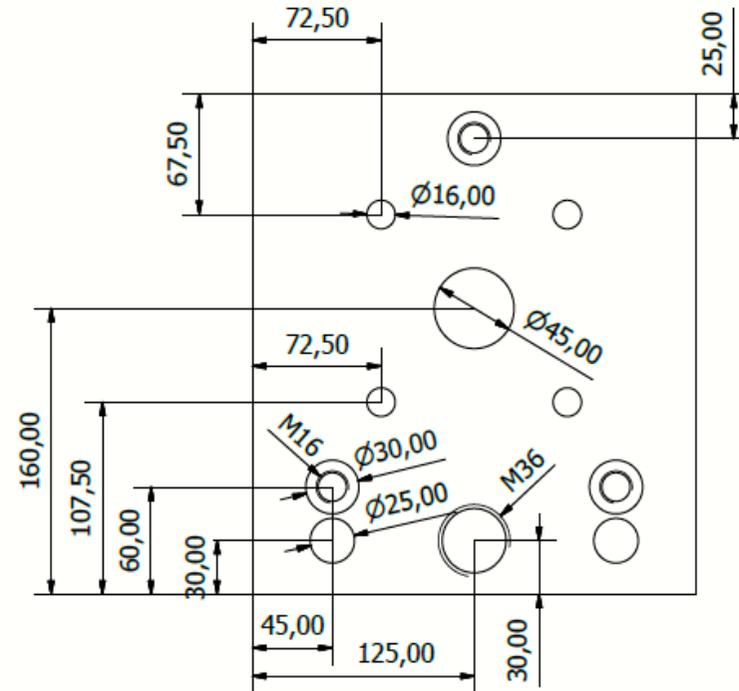
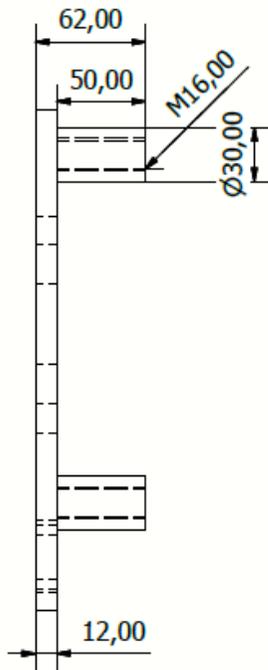
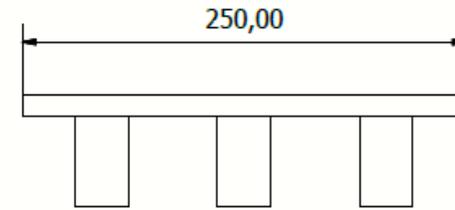
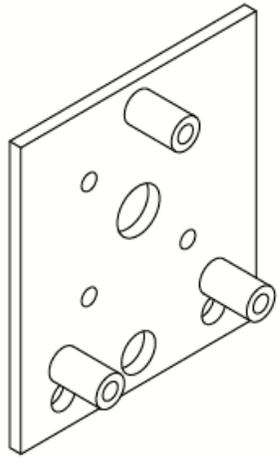


MATERIAL: A-36  
CANTIDAD: 01 UND

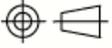


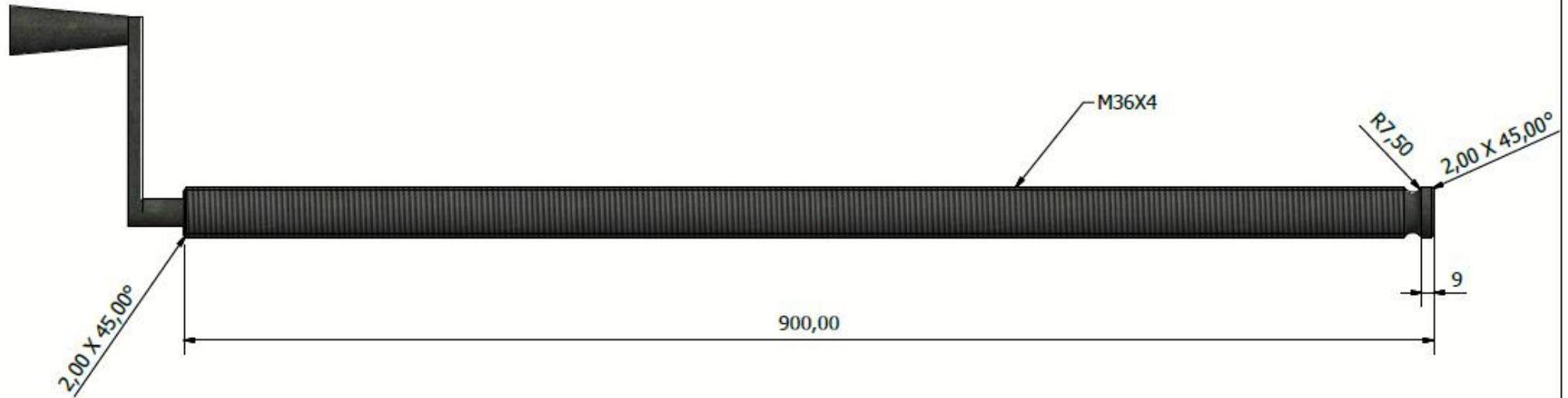
A ( 2:1 )

FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	PROYECTO <b>MANDRINADOR PORTATIL</b>		
	APROBACIONES DISEÑADO D. CAJACURI DIBUJADO D. CAJACURI APROBADO	FECHA 07/01/2021 07/01/2021 07/01/2021	
	ESCALA 1:4 HOJA A3	N° PROYECTO <b>DC-005</b>	NUMERO <b>003</b>

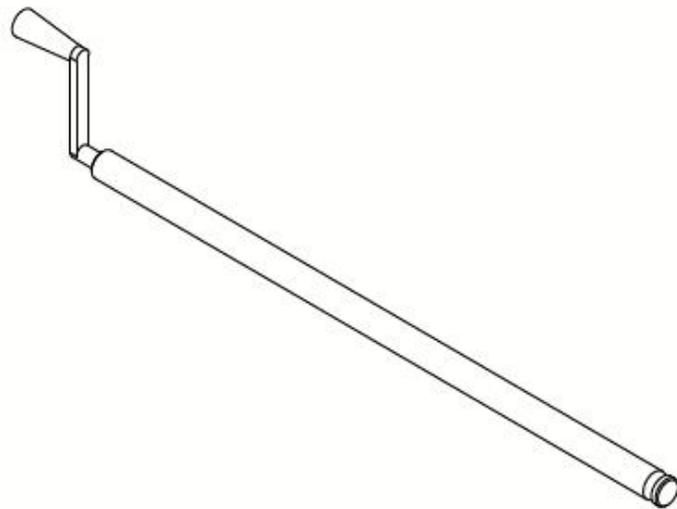


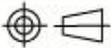
MATERIAL: A-36  
CANTIDAD: 02 UND

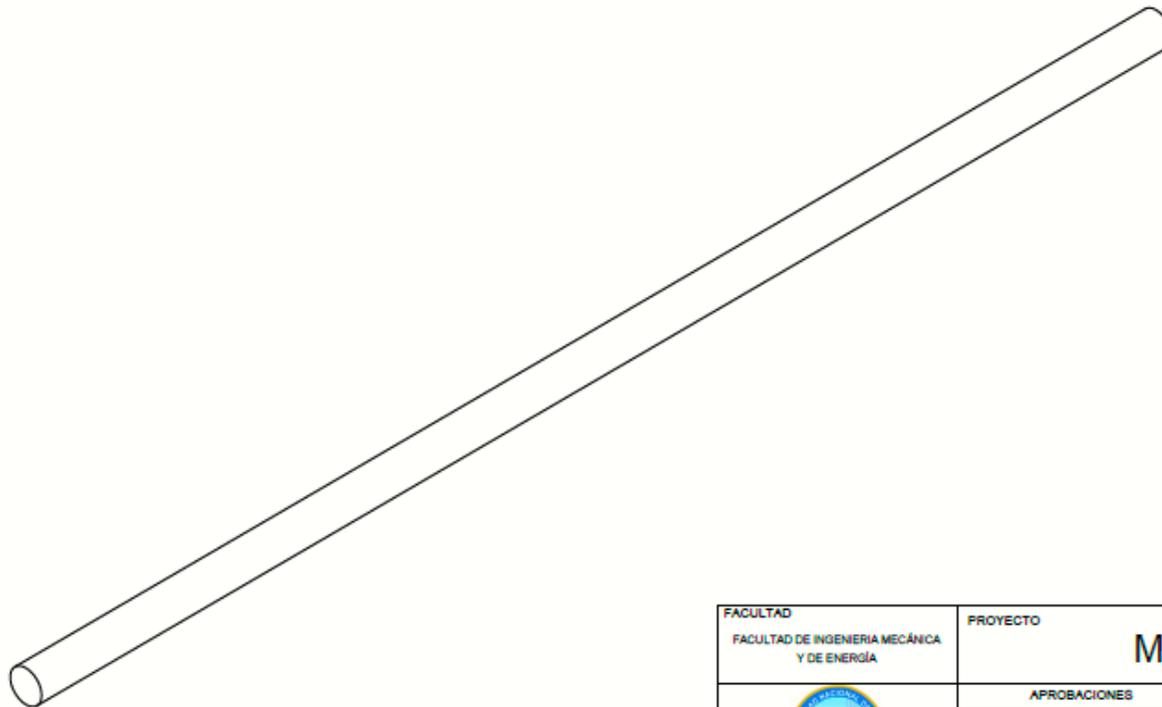
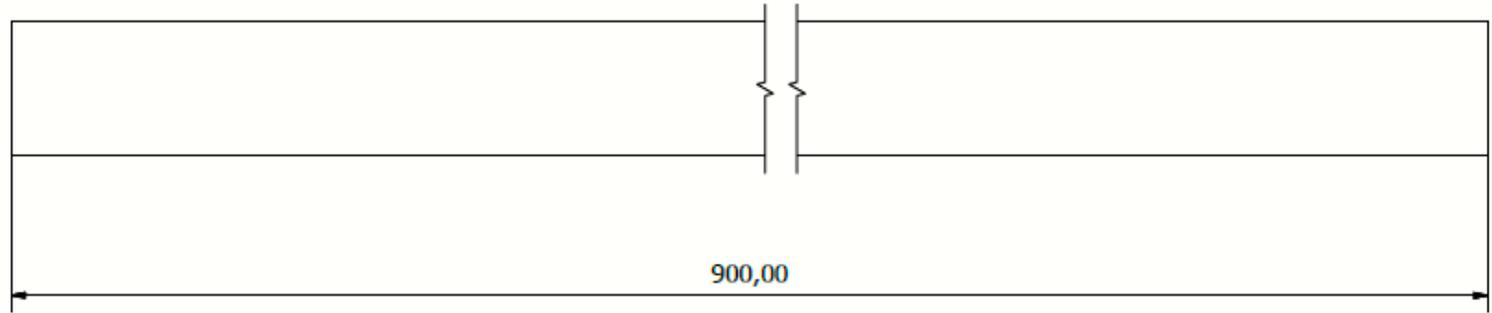
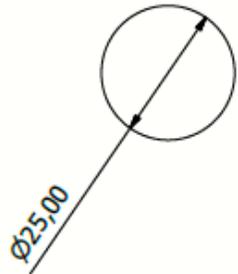
FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA		PROYECTO <b>MANDRINADOR PORTATIL</b>			
		APROBACIONES			
		DISEÑADO D. CAJACURI		08/01/2021	PLACA
		DIBUJADO D. CAJACURI		08/01/2021	
APROBADO		08/01/2021		N° PROYECTO	
ESCALA 1:3	HOJA	A3	DC-005	NUMERO	
					004



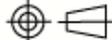
MATERIAL: A-36  
CANTIDAD: 01 UND

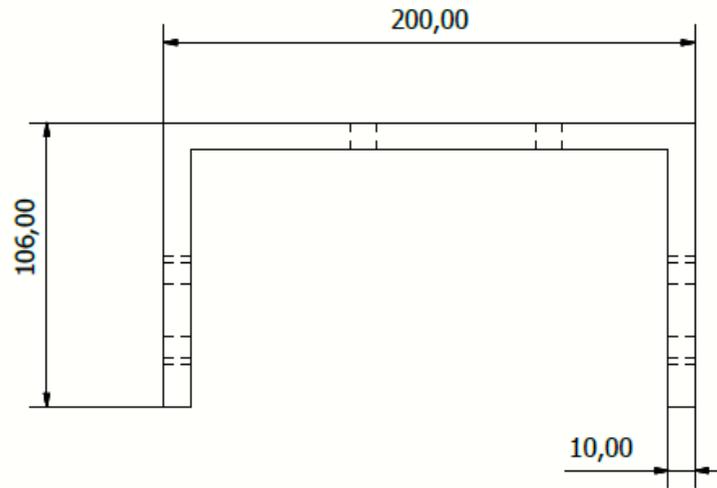
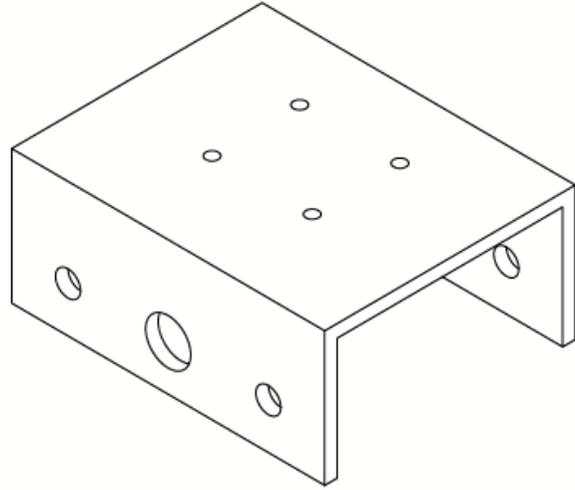


FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA		PROYECTO <b>MANDRINADOR PORTATIL</b>			
		APROBACIONES			
		DISEÑADO D. CAJACURI		08/01/2021	EJE ROSCADO DE AVANCE
		DIBUJADO D. CAJACURI		08/01/2021	
APROBADO		08/01/2021		N° PROYECTO	
ESCALA 1:3	HOJA	A3	DC-005	NUMERO	
					005

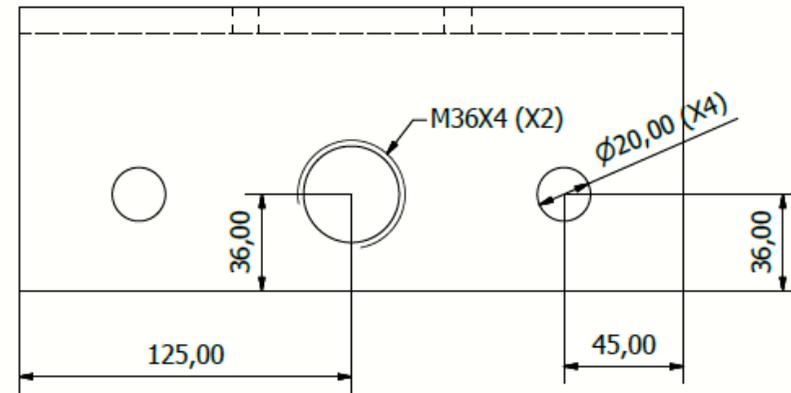
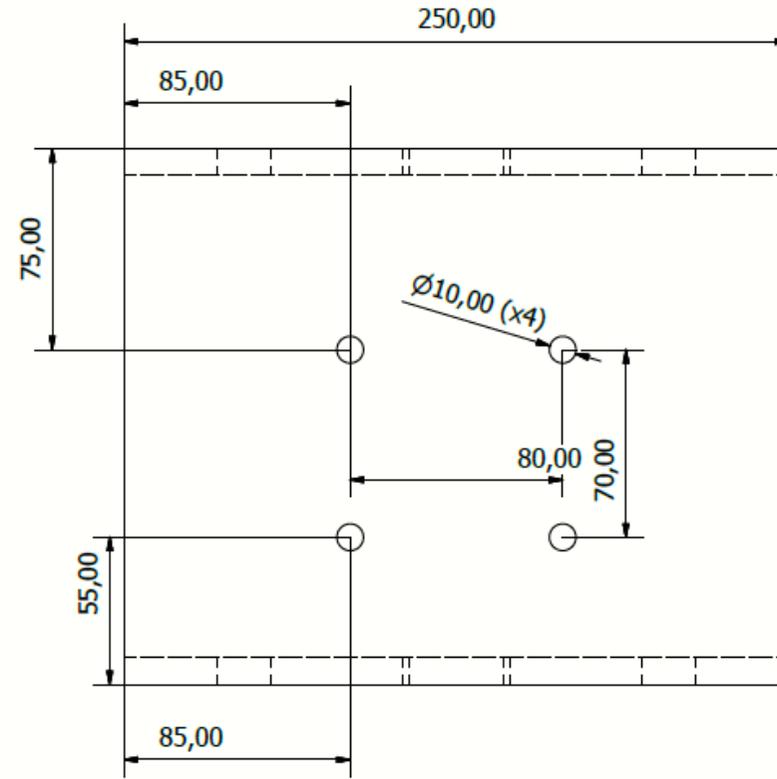


MATERIAL: A-36  
CANTIDAD: 02 UND

FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA		PROYECTO <b>MANDRINADOR PORTATIL</b>		
	APROBACIONES		FECHA	
	DISEÑADO D. CAJACURI	08/01/2021		
	DIBUJADO D. CAJACURI	08/01/2021		N° PROYECTO <b>DC-005</b>
	APROBADO	08/01/2021		NUMERO <b>006</b>
ESCALA 1:1	HOJA	A3		



MATERIAL: A-36  
CANTIDAD: 01 UND



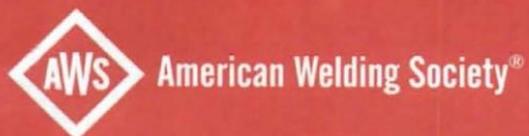
FACULTAD FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	PROYECTO		MANDRINADOR PORTATIL		
	APROBACIONES DISEÑADO D. CAJACURI DIBUJADO D. CAJACURI APROBADO ESCALA 1:2		TITULO DEL PLANO BASE PARA MOTORREDUCTOR N° PROYECTO DC-005		
	FECHA 08/01/2021		TITULO DEL PLANO BASE PARA MOTORREDUCTOR		
	HOJA A3		N° PROYECTO DC-005		

**Anexo N° 5 Código AWS D1.1-2015**

**AWS D1.1/D1.1M:2015**  
AWS authorized Spanish language version



**Código de soldadura  
estructural – acero**



*Traducción de la 2.a impresión,  
agosto de 2016*



# Código de soldadura estructural—Acero

## 1. Requisitos generales

### 1.1 Alcance

Este código contiene los requisitos para fabricar y montar estructuras de acero soldadas. Cuando este código se estipule en los documentos del contrato, se exigirá el cumplimiento de todas las disposiciones del código, excepto aquellas que el ingeniero (véase 1.4.1) o los documentos del contrato modifiquen o eximan específicamente.

El siguiente es un resumen de las secciones del código:

**1. Requisitos generales.** Esta sección contiene información básica sobre el alcance y las limitaciones del código, las definiciones clave y las principales responsabilidades de las partes involucradas en las construcciones de acero.

**2. Diseño de conexiones soldadas.** Esta sección contiene los requisitos para el diseño de conexiones soldadas compuestas de miembros tubulares o no tubulares.

**3. Precalificación de las WPS.** Esta sección contiene los requisitos para eximir una WPS (Especificación del procedimiento de soldadura) de los requisitos de calificación de la WPS de este código.

**4. Calificación.** Esta sección contiene los requisitos para la calificación de la WPS y las pruebas de calificación de rendimiento que debe aprobar todo el personal de soldadura (soldadores, operadores de soldadura y soldadores punteadores) para realizar soldaduras de conformidad con este código.

**5. Fabricación.** Esta sección contiene los requisitos generales de fabricación y montaje aplicables a estructuras de acero soldadas que se rigen por este código, incluidos los requisitos para metales base, consumibles de soldadura, técnicas de soldadura, detalles soldados, preparación de materiales y montaje, mano de obra, reparación de soldaduras y otros requisitos.

**6. Inspección.** Esta sección contiene los criterios para las calificaciones y responsabilidades de los inspectores, los criterios de aprobación para soldaduras de producción y los procedimientos estándar para realizar inspecciones visuales y ensayos no destructivos (NDT).

**7. Soldadura de pernos.** Esta sección contiene los requisitos para la soldadura de pernos a acero estructural.

**8. Refuerzo y reparación de estructuras existentes.** Esta sección contiene la información básica relacionada con la modificación o la reparación por soldadura de estructuras de acero existentes.

**9. Estructuras tubulares.** Esta sección contiene requisitos exclusivos para estructuras tubulares. Asimismo, los requisitos de las demás secciones se aplican a las estructuras tubulares, a menos que se especifique lo contrario.

### 1.2 Limitaciones

El código se desarrolló específicamente para estructuras de acero soldadas que utilizan aceros al carbono o de baja aleación de 1/8 pulgadas [3 mm] de espesor o más gruesos, con un límite elástico mínimo de 100 ksi [690 MPa] o menos. El código puede ser apto para regir la fabricación estructural fuera del alcance del objetivo previsto. Sin embargo, el ingeniero debería evaluar dicha idoneidad y, sobre la base de tales evaluaciones, incorporar en los documentos del contrato cualquier cambio necesario a los requisitos del código para abordar los requisitos específicos de la aplicación que esté fuera del alcance del código. El Comité de Soldadura Estructural recomienda que el ingeniero considere la aplicabilidad de otros códigos D1 de la AWS para aplicaciones que impliquen aluminio (AWS D1.2), láminas de acero con un espesor igual a o menor de 3/16 pulgadas [5 mm] de espesor (AWS D1.3), acero de refuerzo (AWS D1.4) y acero inoxidable (AWS D1.6), refuerzo y reparación de estructuras existentes (AWS D1.7), suplemento sísmico (AWS D1.8) y titanio (AWS D1.9). El *Código de soldadura para puentes AASHTO/AWS D1.5* se desarrolló específicamente para soldar componentes de puentes de carreteras y se recomienda para esas aplicaciones.

### 1.3 Definiciones

Los términos de soldadura utilizados en este código se interpretarán de acuerdo con las definiciones proporcionadas en la última edición de la AWS A3.0, *Términos y definiciones de soldadura estándar, incluidos los términos para la junta adhesiva, soldadura fuerte, soldadura blanda, corte térmico y termorrociado*, complementado por el Anexo J de este código y las siguientes definiciones:

**1.3.1 Ingeniero.** Se define al "Ingeniero" como un individuo debidamente designado que actúa para y en nombre del propietario en todas las cuestiones dentro del alcance del código.

**1.3.2 Contratista.** Se define al "Contratista" como cualquier empresa o individuo que represente a una empresa, responsable de la construcción, montaje, fabricación o soldadura de conformidad con las disposiciones de este código.

### 1.3.3 Inspectores

**1.3.3.1 Inspector del contratista.** Se define al "Inspector del contratista" como la persona debidamente designada que actúa para y en nombre del contratista en todas las cuestiones de inspección y calidad dentro del alcance del código y los documentos del contrato.

**1.3.3.2 Inspector de verificación.** Se define al "Inspector de verificación" como la persona debidamente designada que actúa para y en nombre del propietario o del ingeniero en todas las cuestiones de inspección y calidad especificadas por el ingeniero.

**1.3.3.3 Inspector o inspectores (sin calificar).** Cuando el término "inspector" se utiliza sin más calificación respecto de la categoría específica de inspector descritas anteriormente, se aplica de igual forma al inspector del contratista y al inspector de verificación dentro de los límites de responsabilidad descritos en 6.1.2.

**1.3.4 OEM (fabricante original del equipo).** Se define "OEM" como aquel contratista que asume parte o todas las responsabilidades asignadas por este código al ingeniero.

**1.3.5 Propietario.** Se define al "Propietario" como el individuo o empresa que ejerce la propiedad legal del producto o el montaje estructural producido según este código.

**1.3.6 Términos del código "Debe", "Debería," y "Puede".** "Debe," "debería" y "puede" tienen el siguiente significado:

**1.3.6.1 Debe.** Las disposiciones del código que usen "debe" son obligatorias excepto que el ingeniero las modifique especialmente en los documentos del contrato.

**1.3.6.2 Debería.** El uso de la palabra "debería" se utiliza para recomendar prácticas que se consideran beneficiosas, pero no son requisitos.

**1.3.6.3 Puede.** La palabra "puede" en una disposición permite el uso de procedimientos opcionales o prácticas que se aceptan como una alternativa o complemento de los requisitos del código. Los procedimientos opcionales requieren la aprobación del ingeniero a menos que estén especificados en los documentos del contrato. El contratista puede utilizar cualquier opción sin la aprobación del ingeniero cuando el código no especifique que se requiera su aprobación.

## 1.4 Responsabilidades.

**1.4.1 Responsabilidades del ingeniero.** El ingeniero será el responsable del desarrollo de los documentos del contrato que rigen los productos o los montajes estructurales producidos de conformidad con este código. El ingeniero puede agregar, eliminar o modificar los requisitos de este código para cumplir con los requisitos concretos de una estructura específica. Todos los requisitos que modifiquen este código deben incluirse en los documentos del contrato. El ingeniero debe determinar la idoneidad de todos los detalles de las juntas que se utilizarán en un conjunto soldado.

El ingeniero debe especificar en los documentos del contrato, según sea necesario y aplicable, lo siguiente:

(1) Aquellos requisitos del código que son aplicables solamente cuando así lo especifica el ingeniero.

(2) Todas las NDT adicionales que no se mencionen específicamente en el código.

(3) La inspección de verificación, cuando el ingeniero la requiera.

(4) Los criterios de aceptación de soldadura que difieran de los mencionados en la Sección 6.

(5) Los criterios de tenacidad CVN para el metal de soldadura, metal base y/o HAZ cuando se requieran.

(6) Los requisitos para las aplicaciones no tubulares, ya sea que la estructura esté cargada estáticamente o cíclicamente.

(7) Todos los requisitos adicionales que no se traten específicamente en el código.

(8) Para aplicaciones de OEM, las responsabilidades de las partes interesadas.

**1.4.2 Responsabilidades del contratista.** El contratista será responsable de las WPS, la calificación del personal de soldadura, la inspección del contratista y la realización de los trabajos de acuerdo con los requisitos de este código y de los documentos del contrato.

### 1.4.3 Responsabilidades del inspector

**1.4.3.1 Inspección del contratista.** La inspección del contratista estará a cargo del contratista y deberá realizarse según sea necesario para garantizar que los materiales y la mano de obra cumplan con los requisitos de los documentos del contrato.

**1.4.3.2 Inspección de verificación.** El ingeniero debe determinar si se debe realizar la inspección de verificación. El ingeniero y el inspector de verificación deben establecer las responsabilidades para la inspección de verificación.

## 1.5 Aprobación

Todas las referencias a la necesidad de aprobación deben interpretarse como la aprobación por parte de la autoridad con jurisdicción o el ingeniero.

## 1.6 Símbolos de soldadura

Los símbolos de soldadura deben ser los que se muestran en la edición AWS A2.4:2007, *Símbolos estándar para la soldadura, la soldadura fuerte y los ensayos no destructivos*. Las condiciones especiales deben explicarse completamente mediante notas o detalles.

## 1.7 Precauciones de seguridad

Los aspectos y cuestiones de seguridad y de salud están más allá del alcance de esta norma y, por lo tanto, no se tratan completamente en este documento. Es responsabilidad del usuario establecer prácticas adecuadas de seguridad y salud. En las siguientes fuentes encontrará información de salud y seguridad:

Sociedad Americana de Soldadura:

(1) ANSI Z49.1, *Seguridad de los procesos de soldadura, corte y afines*

(2) Hoja informativa sobre seguridad y salud de la AWS

(3) Otra información de seguridad y salud en el sitio web de la AWS

Fabricantes de materiales o equipos.

(1) Hojas de datos de seguridad suministradas por los fabricantes de los materiales

(2) Manuales operativos suministrados por los fabricantes de los equipos

Agencias regulatorias aplicables

El trabajo realizado de acuerdo con esta norma puede implicar el uso de materiales considerados peligrosos y puede suponer operaciones o equipos que ocasionen lesiones o la muerte. Esta norma no pretende abordar todos los riesgos de seguridad y salud que puedan surgir. El usuario de esta norma debe establecer un programa de seguridad adecuado a fin de tratar tales riesgos, además de cumplir con los requisitos regulatorios. Al desarrollar el programa de seguridad debe tomarse en cuenta la norma ANSI Z49.1.

## 1.8 Unidades de medida estándar

Esta norma utiliza tanto las unidades de uso acostumbrado en EE. UU. como las del Sistema Internacional de Unidades (SI). Las últimas se muestran entre corchetes ([ ]) o en las columnas correspondientes en las tablas y figuras. Las medidas pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema debe usarse en forma independiente.

## 1.9 Documentos de referencia

El anexo S contiene una lista de todos los documentos a los que se hace referencia en este código.

## 2. Diseño de conexiones soldadas

### 2.1 Alcance

Esta sección incluye los requisitos para el diseño de conexiones soldadas. Está dividida en tres partes, de la siguiente manera:

Parte A—Requisitos comunes para el diseño de conexiones soldadas (miembros tubulares y no tubulares)

Parte B—Requisitos específicos para el diseño de conexiones no tubulares (cargadas estática o cíclicamente). Los requisitos se deben aplicar además de los requisitos de la Parte A.

Parte C—Requisitos específicos para el diseño de conexiones tubulares (cargadas cíclicamente). Cuando corresponda, los requisitos se deben aplicar además de los requisitos de las Partes A y B.

#### *Parte A* *Requisitos comunes para el* *diseño de conexiones soldadas* *(miembros tubulares y no tubulares)*

### 2.2 Generalidades

Esta parte contiene los requisitos aplicables al diseño de todas las conexiones soldadas de estructuras tubulares y no tubulares, independientemente de la carga.

### 2.3 Planos y especificaciones del contrato

**2.3.1 Información de planos y dibujos.** La información completa con respecto a la designación de la especificación del metal base (véase 3.3 y 4.8.3), la ubicación, el tipo, el tamaño y el alcance de todas las soldaduras debe mostrarse claramente en los planos y las especificaciones del contrato, de aquí en adelante denominados "documentos del contrato". Si el Ingeniero requiere que se realicen soldaduras específicas en el campo, deben estar designadas en los documentos del contrato. Los planos de construcción y montaje, en adelante denominados

"planos de taller", deben distinguir claramente entre las soldaduras de taller y de campo.

**2.3.2 Requisitos de tenacidad a la entalla.** Si se requiere resiliencia de entalla de juntas soldadas, el Ingeniero debe especificar el mínimo de energía absorbida con la correspondiente temperatura de ensayo para la clasificación del metal de aporte que se utilizará, o debe especificar que las WPS se califiquen con ensayos con el péndulo de Charpy (CVN). Si se requieren WPS con ensayos con el péndulo de Charpy (CVN), el Ingeniero debe especificar el mínimo de energía absorbida, la temperatura de ensayo y si el ensayo CVN requerido se realizará en metal de soldadura o tanto en el metal de soldadura como en la HAZ (véase 4.2.1.3 y Sección 4, Parte D).

**2.3.3 Requisitos específicos de soldadura.** El Ingeniero, en los documentos del contrato, y el Contratista, en los planos de taller, deben indicar aquellas juntas o grupos de juntas en los que el Ingeniero o el Contratista requieren un orden de montaje específico, una secuencia de soldadura, una técnica de soldadura u otras precauciones especiales. Véase las limitaciones sobre la aplicación de soldadura ESW y EGW en 5.4.1 y C-5.4.1.

**2.3.4 Tamaño y longitud de la soldadura.** Los planos de diseño del contrato deben especificar la longitud de soldadura efectiva y, para las soldaduras en ranura con PJP, el tamaño requerido de la soldadura "(E)".

En el caso de soldaduras en filete y juntas en T oblicuas, debe proporcionarse lo siguiente en los documentos del contrato.

(1) Para soldaduras en filete entre piezas con superficies que coinciden en un ángulo de entre 80° y 100°, los documentos del contrato deben especificar el tamaño de la pierna de la soldadura en filete.

(2) Para soldaduras entre piezas con superficies que coinciden en un ángulo menor a 80° y mayor a 100°, los documentos del contrato deben especificar la garganta efectiva.

En caso de que el diseño requiera el uso de remates y retenciones para soldaduras en filete, se deberán indicar en los documentos del contrato.

**2.3.5 Requisitos de los planos de taller.** Los planos de taller deben indicar claramente, mediante símbolos o esquemas de soldadura, los detalles de las juntas soldadas

en ranura y la preparación del metal base que se requiere para hacerlas. Deben detallarse tanto el ancho como el espesor del respaldo de acero.

**2.3.5.1 Soldaduras en ranura con PJP.** Los planos de taller deben indicar las profundidades de la ranura de la soldadura "S" necesarias para alcanzar el tamaño de la soldadura "(E)" requerido para el proceso de soldadura y la posición de soldadura a utilizar.

**2.3.5.2 Soldaduras en filete y soldaduras en juntas en T oblicuas.** En el caso de los planos de taller, debe proporcionarse lo siguiente:

(1) Para soldaduras en filete entre piezas con superficies que coinciden en un ángulo de entre 80° y 100°, los planos de taller deben mostrar el tamaño de la pierna de la soldadura en filete.

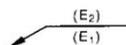
(2) Para soldaduras entre piezas con superficies que coinciden en un ángulo menor a 80° y mayor a 100°, los planos de taller deben mostrar en detalle la disposición de las soldaduras y el tamaño de la pierna requeridos para considerar los efectos de la geometría de la junta y, si corresponde, la reducción de pérdida de dimensión Z para el proceso que se utilizará y el ángulo.

(3) Remates y retenciones.

**2.3.5.3 Símbolos de soldadura.** Los documentos del contrato deben mostrar los requisitos de la soldadura en ranura con CJP o PJP. No es necesario que los documentos del contrato muestren el tipo de ranura ni las dimensiones de la ranura. El símbolo de soldadura sin las dimensiones y con la leyenda "CJP" en la cola designa una soldadura con CJP de la siguiente manera:



El símbolo de soldadura sin las dimensiones y sin la leyenda CJP en la cola designa una soldadura que desarrollará la resistencia del metal base adyacente en tracción y cizallamiento. Un símbolo de soldadura para una soldadura en ranura con PJP debe mostrar las dimensiones encerradas entre paréntesis debajo "(E<sub>1</sub>)" y/o encima "(E<sub>2</sub>)" de la línea de referencia para indicar los tamaños de la soldadura en ranura sobre la flecha y otros lados de la junta de soldadura, respectivamente, como se muestra a continuación:



**2.3.5.4 Dimensiones de detalles precalificados.** Los detalles de junta descritos en 3.12 y 9.10 (PJP) y 3.13 y 9.11 (CJP) han demostrado reiteradamente su idoneidad para proporcionar las condiciones y los espacios necesarios para depositar y fusionar el metal de soldadura, sin imperfecciones, con el metal base. Sin embargo, el uso de estos detalles no debe interpretarse como una consideración de los efectos del proceso de soldadura sobre el metal base más allá del límite de fusión ni la idoneidad del detalle de la junta para una aplicación dada.

**2.3.5.5 Detalles especiales.** Cuando se requieran detalles especiales de ranura, deberán detallarse en los documentos del contrato.

**2.3.5.6 Requisitos específicos de inspección.** Cualquier requisito específico de inspección debe constar en los documentos del contrato.

## 2.4 Áreas efectivas

### 2.4.1 Soldaduras en ranura

**2.4.1.1 Longitud efectiva.** La longitud máxima de soldadura efectiva de cualquier soldadura en ranura, independientemente de la orientación, debe ser del ancho de la pieza unida, perpendicular a la dirección del esfuerzo de tracción o compresión. En las soldaduras en ranura que transmiten cizallamiento, la longitud efectiva es la longitud especificada.

**2.4.1.2 Tamaño efectivo de las soldaduras en ranura con CJP.** El tamaño de la soldadura de una soldadura en ranura con CJP debe tener el espesor de la pieza más delgada unida. No se permitirá el aumento del área efectiva para los cálculos de diseño del refuerzo de la soldadura. Los tamaños de la soldadura en ranura para conexiones en T-, Y- y K- en construcciones tubulares se muestran en la Tabla 9.8.

**2.4.1.3 Tamaño mínimo de las soldaduras en ranura con PJP.** Las soldaduras en ranura con PJP deben ser iguales o mayores que el tamaño "(E)" especificado en 3.12.2.1 a menos que la WPS esté calificada según la Sección 4.

**2.4.1.4 Tamaño efectivo de soldaduras en ranura abocinada.** El tamaño efectivo de las soldaduras en ranura abocinada cuando se rellenan al ras debe ser como se muestra en la Tabla 2.1, excepto según se permite en 4.11.5. En las soldaduras en ranura abocinada que no se rellenan al ras, se debe deducir el subllenado en U. En las soldaduras en ranura abocinada en V en superficies con radios R diferentes, se debe usar el R más pequeño. En las soldaduras en ranura abocinada en secciones tubulares rectangulares, R debe tener el doble del espesor de la pared.

**2.4.1.5 Área efectiva de soldaduras en ranura.** El área efectiva de soldaduras en ranura debe ser la longitud efectiva multiplicada por el tamaño de la soldadura efectiva.

### 2.4.2 Soldaduras en filete

**2.4.2.1 Longitud efectiva (recta).** La longitud efectiva de una soldadura en filete recta debe ser la longitud total del filete de tamaño completo, incluyendo los remates. No se debe suponer una reducción en la longitud efectiva en los cálculos de diseño a fin de permitir el carácter de comienzo o detención de la soldadura.

**2.4.2.2 Longitud efectiva (curva).** La longitud efectiva de una soldadura en filete curvada debe medirse a lo largo de la línea central de la garganta efectiva.

**2.4.2.3 Longitud mínima.** La longitud mínima de una soldadura en filete debe ser al menos cuatro veces el tamaño nominal, o se deberá tener en cuenta que el ta-

maño efectivo de la soldadura no exceda el 25% de su longitud efectiva.

**2.4.2.4 Soldaduras en filete intermitentes (longitud mínima).** La longitud mínima de los segmentos de una soldadura en filete intermitente debe ser de 1-1/2 pulgadas [38 mm].

**2.4.2.5 Longitud efectiva máxima.** En las soldaduras en filete con carga final con un longitud de hasta 100 veces la dimensión de la pierna, se permite tomar la longitud efectiva igual a la longitud real. Cuando la longitud de las soldaduras en filete con carga final sea mayor de 100 pero no más de 300 veces el tamaño de la soldadura, la longitud efectiva debe determinarse multiplicando la longitud real por el coeficiente de reducción  $\beta$ .

$$\beta = 1.2 - 0.2 \left( \frac{L}{100w} \right) \leq 1.0$$

donde

$\beta$  = coeficiente de reducción

L = longitud real de la soldadura con carga final, pulgadas [mm]

w = tamaño de la pierna de la soldadura, pulgadas [mm]

Cuando la longitud exceda de 300 veces el tamaño de la pierna, la longitud efectiva debe tomarse como 180 veces el tamaño de la pierna.

**2.4.2.6 Cálculo de la garganta efectiva.** En las soldaduras en filete entre piezas que se unen en ángulos entre 80° y 100°, la garganta efectiva debe tomarse como la distancia más corta desde la raíz de la junta hasta la cara de la soldadura de una soldadura diagramática de 90° (véase Anexo A). En las soldaduras en ángulos agudos entre 60° y 80° y las soldaduras en ángulos obtusos mayores de 100°, el tamaño de la pierna de la soldadura requerido para proporcionar la garganta efectiva específica debe calcularse tomando en cuenta la geometría (véase Anexo B). En las soldaduras en ángulos agudos entre 60° y 30°, el tamaño de la pierna debe incrementarse por la dimensión de pérdida Z para tener en cuenta la incertidumbre del metal de soldadura sólido en la pasada de raíz del ángulo estrecho para el proceso de soldadura que se utilizará (véase 2.4.3).

**2.4.2.7 Refuerzo de las soldaduras en filete.** La garganta efectiva de una combinación de soldadura en ranura de bisel con PJP y de una soldadura en filete debe ser la distancia más corta entre la raíz de la junta a la cara de soldadura diagramática menos 1/8 pulgadas [3 mm] para cualquier detalle en ranura que requiera dicha deducción (véase Figura 3.2 y Anexo A).

La garganta efectiva de una combinación de soldadura en ranura de bisel con PJP y de una soldadura en filete debe ser la distancia más corta entre la raíz de la junta a la cara de soldadura diagramática menos la deducción para la penetración incompleta de la junta (véase Tabla 2.1, Figura 3.2 y Anexo A).

**2.4.2.8 Tamaño mínimo.** El tamaño mínimo de la soldadura en filete no debe ser menor que el tamaño requerido para transmitir la carga aplicada ni que el previsto en 5.13.

**2.4.2.9 Tamaño máximo de soldadura en juntas traslapadas.** El tamaño máximo de la soldadura en filete detallado a lo largo de los bordes del metal base en juntas traslapadas debe ser el siguiente:

(1) el espesor del metal base, para un metal con un espesor menor a 1/4 pulgadas [6 mm] (véase Figura 2.1, Detalle A).

(2) 1/16 pulgadas [2 mm] menos que el espesor del metal base, para un metal con un espesor de 1/4 pulgadas [6 mm] o más (véase Figura 2.1, Detalle B), a menos que se indique en el plano de taller que la soldadura deba construirse para obtener un espesor de garganta total con un tamaño de pierna igual al espesor del metal base. En la condición tal y como se soldó, la distancia entre el borde del metal base y el pie de la soldadura puede ser menor de 1/16 pulgadas [2 mm], siempre que el tamaño de la soldadura sea claramente comprobable.

**2.4.2.10 Área efectiva.** El área efectiva debe ser la longitud de soldadura efectiva multiplicada por la garganta efectiva.

### 2.4.3 Juntas en T oblicuas

**2.4.3.1 Generalidades.** Las juntas en T en las que el ángulo entre las piezas unidas sea mayor de 100° o menor de 80° deberán definirse como juntas en T oblicuas. Los detalles de las juntas en T oblicuas precalificadas se muestran en la Figura 3.4. Los detalles de juntas para lados obtusos y agudos pueden utilizarse juntos o por separado, según las condiciones y el diseño de servicio, tomando debidamente en cuenta los efectos de la excentricidad.

**2.4.3.2 Soldaduras en ángulos agudos entre 80° y 60° y en ángulos obtusos mayores de 100°.** Cuando las soldaduras se depositen en ángulos entre 80° y 60° o en ángulos mayores de 100°, los documentos del contrato deben especificar la garganta efectiva requerida. Los planos de taller deben mostrar con claridad la ubicación de las soldaduras y las dimensiones de pierna requeridas para satisfacer la garganta efectiva requerida (véase Anexo B).

**2.4.3.3 Soldaduras en ángulos entre 60° y 30°.** Cuando se requiera una soldadura en un ángulo agudo menor de 60° pero igual o mayor de 30° [Figura 3.4(D)], la garganta efectiva debe aumentarse por la tolerancia de la pérdida Z (Tabla 2.2). Los documentos del contrato deben especificar la garganta efectiva requerida. Los planos de taller deben mostrar las dimensiones de pierna requerida para satisfacer la garganta efectiva, incrementada por la tolerancia de la pérdida Z (Tabla 2.2) (véase en el Anexo B el cálculo de garganta efectiva).

**2.4.3.4 Soldaduras en ángulos menores de 30°.** Las soldaduras depositadas en ángulos agudos menores de 30° no deben considerarse como eficaces para transmitir fuerzas aplicadas, excepto según las modificaciones para estructuras tubulares de 9.15.4.2.

**2.4.3.5 Longitud efectiva.** La longitud efectiva de juntas en T oblicuas debe ser la longitud total del tamaño completo de la soldadura. No se debe suponer una reducción en los cálculos de diseño para dar lugar al comienzo o la detención de la soldadura.

**2.4.3.6 Tamaño mínimo de la soldadura.** Se deben aplicar los requisitos de 2.4.2.8.

**2.4.3.7 Garganta efectiva.** La garganta efectiva de una junta en T oblicua en ángulos entre  $60^\circ$  y  $30^\circ$  debe ser la distancia mínima desde la raíz hasta la cara diagramática, menos la reducción de dimensión Z. La garganta efectiva de una junta en T oblicua en ángulos entre  $80^\circ$  y  $60^\circ$  y en ángulos mayores de  $100^\circ$  debe tomarse como la distancia más corta desde la raíz de la junta a la cara de la soldadura.

**2.4.3.8 Área efectiva.** El área efectiva de las juntas en T oblicuas debe ser la garganta efectiva especificada multiplicada por la longitud efectiva.

#### 2.4.4 Soldaduras en filete en orificios y ranuras

**2.4.4.1 Limitaciones de diámetro y ancho.** El diámetro mínimo del orificio o el ancho de la ranura en la que una soldadura en filete será depositada no debe ser menor que el espesor de la pieza en la cual se realiza más 5/16 pulgadas [8 mm].

**2.4.4.2 Extremos de ranura.** Excepto aquellos extremos que se extienden hacia el borde de la pieza, los extremos de la ranura deben ser semicirculares o tener las esquinas redondeadas con un radio no menor que el espesor de la pieza en la que se realiza.

**2.4.4.3 Longitud efectiva.** En el caso de las soldaduras en filete en orificios o ranuras, la longitud efectiva debe ser la longitud de la soldadura a lo largo de la línea central de la garganta.

**2.4.4.4 Área efectiva.** El área efectiva debe ser la longitud efectiva multiplicada por la garganta efectiva. En el caso de soldaduras en filete de un tamaño tal que se traslapan en la línea central cuando se depositan en orificios o ranuras, el área efectiva no debe tomarse como mayor que el área transversal del orificio o la ranura en el plano de la superficie de contacto.

#### 2.4.5 Soldaduras de tapón y en ranura

**2.4.5.1 Limitaciones de diámetro y ancho.** El diámetro mínimo del orificio o el ancho de la ranura en la que una soldadura de tapón o en ranura será depositada no debe ser menor que el espesor de la pieza en la que se realiza más 5/16 pulgadas [8 mm]. El diámetro máximo del orificio o el ancho de la ranura no debe exceder el diámetro mínimo más 1/8 pulgadas [3 mm] o 2-1/4 veces el espesor de la pieza, lo que sea mayor.

**2.4.5.2 Longitud y forma de la ranura.** La longitud de la ranura en la que se depositan las soldaduras en ranura no debe exceder de diez veces el espesor de la pieza en la que se realiza. Los extremos de la ranura deben ser semicirculares o deben tener las esquinas redondeadas con un radio no menor que el espesor de la pieza en que se realiza.

**2.4.5.3 Área efectiva.** El área efectiva de soldaduras de tapón y en ranura debe ser el área nominal del orificio o de la ranura en el plano de la superficie de contacto.

**2.4.5.4 Profundidad mínima de llenado.** La profundidad mínima de llenado de las soldaduras de tapón y en ranura debe cumplir con los siguientes requisitos:

(1) para las soldaduras de tapón o en ranura en materiales de 5/8 pulgadas [16 mm] de espesor o menos, será igual al espesor del material.

(2) para las soldaduras de tapón o en ranura en materiales de más de 5/8 pulgadas [16 mm] de espesor, será la mitad del espesor del material o 5/8 in [16 mm], lo que sea mayor.

En ningún caso se requiere que la profundidad mínima de llenado sea mayor que el espesor de la pieza más delgada que esté siendo unida.

## **Parte B** **Requisitos específicos para el** **diseño de conexiones no tubulares** **(cargadas estática o cíclicamente)**

### 2.5 Generalidades

Los requisitos específicos de la Parte B, junto con los requisitos de la Parte A, deben aplicarse a todas las conexiones de miembros no tubulares sometidos a la carga estática. Los requisitos de las Partes A y B, excepto según se modifiquen por la Parte C, también se deberán aplicar a la carga cíclica.

### 2.6 Esfuerzos

**2.6.1 Esfuerzos calculados.** Los esfuerzos calculados que se deben comparar con los esfuerzos admisibles deben ser los esfuerzos nominales determinados por medio de análisis adecuados o los esfuerzos determinados a partir de los requisitos de resistencia mínima de la junta que puedan estar indicados en las especificaciones de diseño aplicables que invoquen este código para el diseño de conexiones soldadas.

**2.6.2 Esfuerzos calculados a causa de la excentricidad.** En el diseño de las juntas soldadas, los esfuerzos calculados que se comparen con los esfuerzos admisibles deben incluir aquellos causados por la excentricidad del diseño, si corresponde, en la alineación de las piezas conectadas y la posición, el tamaño y el tipo de soldaduras, a excepción de los siguientes:

Para las estructuras cargadas estáticamente no se exige la ubicación de las soldaduras en filete para equilibrar las fuerzas sobre el eje o los ejes neutros para las conexiones de extremo de un ángulo único, ángulo doble y miembros similares. En tales miembros, la disposición de la soldadura en el talón y el pie de los miembros en ángulo pueden distribuirse para cumplir con la longitud de los distintos bordes disponibles.

**2.6.3 Esfuerzos admisibles del metal base.** Los esfuerzos calculados del metal base no deben exceder los esfuerzos admisibles indicados en las especificaciones aplicables de diseño.

**2.6.4 Esfuerzos admisibles del metal de soldadura.** Los esfuerzos calculados en el área efectiva de las juntas soldadas no deben exceder los esfuerzos admisibles que se muestran en la Tabla 2.3 excepto lo permitido por 2.6.4.2, 2.6.4.3 y 2.6.4.4. El uso de 2.6.4.2 debe limitarse al análisis de una sola soldadura en filete lineal o grupos de soldaduras en filete que consten de soldaduras en filete lineales paralelas, todas cargadas en el mismo ángulo.

**2.6.4.1 Esfuerzos en las soldaduras en filete.** En las soldaduras en filete, el esfuerzo debe considerarse como cizallamiento aplicado al área efectiva para cualquier dirección de la carga aplicada.

**2.6.4.2 Esfuerzo admisible alternativo de las soldaduras en filete.** Para una sola soldadura en filete lineal o grupos de soldaduras en filete que consten de soldaduras en filete paralelas lineales todas cargadas en el mismo ángulo y cargadas en el plano a través del centroide del grupo de soldadura, el esfuerzo admisible puede determinarse por la Fórmula (1):

$$\text{Fórmula (1)} \quad F_v = 0,30 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5}\Theta)$$

donde

- $F_v$  = esfuerzo admisible de la unidad
- $F_{EXX}$  = número de clasificación de electrodo, es decir, clasificación del esfuerzo del electrodo
- $\Theta$  = ángulo entre la dirección de la fuerza y el eje del elemento de soldadura, en grados

**2.6.4.3 Centro de rotación instantáneo.** Los esfuerzos admisibles de los elementos de soldadura dentro de un grupo de soldadura que están cargados en el plano y analizados utilizando un método de centro de rotación instantáneo para mantener la compatibilidad de deformación y el comportamiento de deformación, carga no lineal de soldaduras cargadas en ángulo variable deben ser los siguientes:

$$\begin{aligned} F_{vx} &= \sum F_{vix} \\ F_{vy} &= \sum F_{viy} \\ F_{vi} &= 0,30 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5}\Theta) F(\rho) \\ F(\rho) &= [\rho (1,9 - 0,9\rho)]^{0,3} \\ M &= \sum [F_{viy}(x) - F_{vix}(y)] \end{aligned}$$

donde

- $F_{vx}$  = Fuerza total interna en dirección x
- $F_{vy}$  = Fuerza total interna en dirección y
- $F_{vix}$  = Componente x de esfuerzo  $F_{vi}$
- $F_{viy}$  = Componente y de esfuerzo  $F_{vi}$
- $M$  = Momento de fuerzas internas respecto del centro de rotación instantáneo
- $\rho$  =  $\Delta_i/\Delta_{in}$  relación de la deformación del elemento "i" a la deformación en un elemento a máximo esfuerzo
- $\Delta_{in}$  =  $0,209 (\Theta + 6)^{0,32}$  W, deformación del elemento de soldadura a máximo esfuerzo, pulgadas [mm]
- $\Delta_u$  =  $1,087 (\Theta + 6)^{-0,65}$  W,  $< 0,17$  W, deformación del elemento de soldadura sometido al esfuerzo máximo (fractura), por lo general en el elemento más lejano del centro de rotación instantáneo, pulgadas [mm]
- W = tamaño de la pierna de la soldadura en filete,

- pulgadas [mm]
- $\Delta_i$  = deformación de los elementos de soldadura a niveles intermedios de esfuerzo, linealmente proporcionado a la deformación crítica basada en la distancia desde el centro de rotación instantáneo, pulgadas [mm] =  $r_i \Delta_u / r_{crit}$
- x = Componente  $x_i$  de  $r_i$
- y = Componente  $y_i$  de  $r_i$
- $r_{crit}$  = distancia del centro de rotación instantáneo al elemento de soldadura con una proporción mínima  $\Delta_u / r_i$ , pulgadas [mm]

**2.6.4.4 Grupos de soldaduras cargadas de forma concéntrica.** En forma alternativa, para el caso especial de un grupo de soldadura cargada de forma concéntrica, el esfuerzo admisible de cizallamiento para cada elemento de soldadura puede determinarse con la Fórmula (2) y las cargas admisibles de todos los elementos calculados y agregados.

$$\text{Fórmula (2)} \quad F_v = 0,30 C F_{EXX}$$

donde

- $F_v$  = esfuerzo admisible de la unidad
- $F_{EXX}$  = resistencia a la tracción nominal del metal de aporte
- C = el coeficiente de equivalencia de resistencia para soldadura en filete con carga oblicua, elegido de la Tabla 2.4.

**2.6.5 Incremento de esfuerzo admisible.** Cuando las especificaciones de diseño aplicables permitan el uso de esfuerzos incrementados en el metal base por cualquier razón, se debe aplicar un incremento correspondiente a los esfuerzos admisibles incluidos aquí, pero no a los rangos de esfuerzo permitidos para el metal base o metal de soldadura sometido a carga cíclica.

## 2.7 Configuración y detalles de junta

**2.7.1 Consideraciones generales.** Las conexiones soldadas deben estar diseñadas para cumplir con los requisitos de resistencia y rigidez o flexibilidad de las especificaciones generales.

**2.7.2 Conexiones y empalmes en miembros en compresión**

**2.7.2.1 Conexiones y empalmes diseñados para soportar conexiones que no sean a las placas base.** Excepto que se especifique lo contrario en los documentos del contrato, los empalmes de columna que están terminados para soportar conexiones deben estar conectados por soldaduras en ranura con PJP o por soldaduras en filete suficientes para mantener las partes en su lugar. Donde los miembros en compresión estén acabados para soportar carga en empalmes o soldaduras de conexión que no sean columnas, deben estar diseñados para mantener todas las partes alineadas y deben estar proporcionados al 50% de la fuerza del miembro. Deben aplicarse los requisitos de la Tabla 3.5 o 5.7.

**2.7.2.2 Conexiones y empalmes no terminados para soportar conexiones excepto a las placas base.** Las soldaduras que unen empalmes en columnas y los em-

palmes y conexiones en otros miembros en compresión que no estén acabados para soportar carga deben estar diseñados para transmitir la fuerza en los miembros, a menos que en los documentos del contrato o en las especificaciones aplicables se especifiquen soldaduras con CJP o requisitos más restringidos. Deben aplicarse los requisitos de la Tabla 3.5 o Tabla 5.7.

**2.7.2.3 Conexiones a placas base.** En las placas base de columnas y otros miembros en compresión, la conexión debe ser la adecuada para mantener a los miembros fijos en su lugar.

**2.7.3 Carga de metal base en todo el espesor.** Las juntas en T y en esquina cuya función es transmitir esfuerzo normal a la superficie de una parte conectada, especialmente cuando el espesor del metal base del miembro de rama o el tamaño requerido de la soldadura sea de 3/4 pulgadas [20 mm] o mayor deben recibir especial atención durante el diseño, la selección del metal base y el detallado. Deben usarse detalles de junta que minimicen la intensidad de esfuerzo en el metal base sometido a esfuerzos en la dirección a través del espesor cuando sea factible. Debe evitarse especificar tamaños de la soldadura más grandes de lo necesario a fin de transmitir el esfuerzo calculado.

**2.7.4 Combinaciones de soldaduras.** Excepto por lo provisto en el presente documento, si se combinan dos o más soldaduras de diferente tipo (en ranura, filete, tapón o en broche) para compartir la carga en una sola conexión, la capacidad de la conexión debe calcularse como la suma de las soldaduras individuales determinadas con relación a la dirección de la carga aplicada. Este método de agregar capacidades individuales de las soldaduras no se aplica a las soldaduras en filete que refuerzan soldaduras en ranura con PJP (véase Anexo A).

**2.7.5 Contorneo de superficie de juntas a tope, en esquina y en T.** Las soldaduras en filete pueden aplicarse sobre soldaduras en ranura con CJP y PJP en juntas a tope que unan piezas de ancho o espesor desigual, en esquina y juntas en T para contorneo la cara de la soldadura o para reducir las concentraciones de esfuerzos. Cuando tales soldaduras en filete que contornean la superficie se utilizan en aplicaciones cargadas estáticamente, el tamaño no debe ser mayor de 5/16 pulgadas [8 mm]. El refuerzo en filete en la superficie de soldaduras en ranura de juntas en esquina y en T que se produce de manera natural no debe ser causa de rechazo ni es necesario eliminarlo, siempre y cuando no interfiera con otros elementos de la construcción. No será necesario proporcionar un radio mínimo de contorno.

**2.7.6 Orificios de acceso a la soldadura.** Cuando se requieran orificios de acceso a la soldadura, estos se deben dimensionar para que proporcionen los espacios necesarios para la deposición del metal de soldadura sin imperfecciones. Deben aplicarse los requisitos de forma y tamaño de 5.16.1. El diseñador y el delineante deben reconocer que los orificios del tamaño mínimo requerido pueden afectar el área neta máxima disponible en el metal base conectado.

**2.7.7 Soldaduras con remaches o pernos.** Se deben permitir las conexiones que están soldadas a un miembro y empernadas o remachadas al otro. Cuando los pernos y las

soldaduras comparten la carga en una superficie de contacto en común, se debe considerar la compatibilidad de deformación entre pernos y soldaduras (véase comentario).

## 2.8 Configuración y detalles de junta—Soldaduras en ranura

**2.8.1 Transiciones de espesor y ancho.** Para estructuras cargadas estáticamente no es necesario proporcionar soldaduras en filete que contornean la superficie. Cuando el Ingeniero exija soldaduras en filete que contornean la superficie, deben especificarse en los documentos del contrato (véase Figura 2.3).

**2.8.2 Prohibición de soldadura en ranura con CJP de longitud parcial.** Las soldaduras en ranura con CJP intermitentes o de longitud parcial deben prohibirse, excepto los miembros armados de elementos conectados por soldaduras en filete que puedan tener soldaduras en ranura de longitud limitada en los puntos de aplicación de cargas localizadas para participar en la transferencia de la carga localizada. La soldadura en ranura debe extenderse a un tamaño uniforme por al menos la longitud requerida para transferir la carga. Más allá de esta longitud, la ranura debe realizarse con una transición de la profundidad hasta cero sobre una distancia no menor de cuatro veces la profundidad. La ranura debe llenarse al ras antes de la aplicación de la soldadura en filete.

**2.8.3 Soldaduras en ranura con PJP intermitentes.** Las soldaduras en ranura con PJP intermitentes, de bisel abocinadas y las soldaduras en ranura abocinadas pueden usarse para transferir el esfuerzo de cizallamiento entre piezas conectadas.

**2.8.4 Eliminación de la lengüeta de soldadura.** En las estructuras no tubulares cargadas estáticamente no es necesario eliminar las lengüetas de soldadura. Cuando se requiera la eliminación o cuando los requisitos de terminación de la superficie difieran de los descritos en 5.14.8, estos requisitos deben estar especificados en los documentos del contrato.

## 2.9 Configuración y detalles de junta—Juntas soldadas en filete

### 2.9.1 Juntas traslapadas

**2.9.1.1 Soldaduras en filete transversales.** Las soldaduras en filete transversales en juntas traslapadas que transfieren esfuerzos entre piezas cargadas axialmente deben estar soldadas con doble filete (véase Figura 2.4), excepto donde la deflexión de la junta esté suficientemente restringida para impedir la apertura bajo carga.

**2.9.1.2 Traslape mínimo.** El traslape mínimo de piezas en las juntas traslapadas sometidas a esfuerzo debe ser cinco veces el espesor de la parte más delgada, pero no menos de 1 pulgada [25 mm]. A menos que se evite la deflexión fuera de plano de las piezas, se deben soldar con doble filete (véase Figura 2.4) o unir por al menos dos li-

neas transversales de soldaduras de tapón o en ranura o dos o más soldaduras longitudinales en filete o en ranura.

**2.9.2 Soldaduras en filete longitudinales.** Si se usan soldaduras en filete longitudinales solas en juntas traslapadas de conexiones de extremo de barras planas o miembros de placa, la longitud de cada soldadura en filete no debe ser menor que la distancia perpendicular entre ellas (véase Figura 2.5). El espaciado transversal de soldaduras en filete longitudinales utilizado en conexiones de extremo no debe exceder de 16 veces el espesor de la pieza conectada más delgada, excepto que se realice una provisión adecuada (mediante soldaduras intermedias de tapón o en ranura) para prevenir el pandeo o la separación de las piezas. Las soldaduras en filete longitudinal se pueden hacer en los bordes del miembro o en ranuras. El diseño de conexiones que usen soldaduras en filete longitudinal para miembros que no sean secciones transversales de barras planas deben cumplir con lo dispuesto en las especificaciones generales de diseño.

### 2.9.3 Terminaciones de soldaduras en filete

**2.9.3.1 Generalidades.** Las terminaciones de soldadura en filete pueden extenderse hasta los extremos o lados de las piezas, pueden detenerse antes o pueden tener remates, excepto según lo delimitado en los siguientes casos:

**2.9.3.2 Juntas traslapadas sometidas a tracción.** En las juntas traslapadas en las que una parte se extiende más allá del borde o lado de una pieza sometida al esfuerzo de tracción calculado, las soldaduras en filete deben terminar a una distancia no menor que el tamaño de la soldadura desde el comienzo de la extensión (véase Figura 2.6).

**2.9.3.3 Máxima longitud del remate.** Las juntas soldadas deben tener una distribución que permita la flexibilidad establecida en el diseño de la conexión. Si las piernas sobresalientes del metal base de conexión están unidas a las soldaduras de remate, la longitud del remate no debe exceder de cuatro veces el tamaño nominal de la soldadura (véase Figura 2.7 para ejemplos de conexiones flexibles).

**2.9.3.4 Soldaduras de refuerzo transversal.** Excepto donde los extremos de los rigidizadores estén soldados a la brida, las soldaduras en filete que unen rigidizadores transversales a las almas de las vigas deben comenzar o terminar a no menos de cuatro veces ni más de seis veces el espesor del alma desde el pie del alma hasta las soldaduras alma-ala.

**2.9.3.5 Lados opuestos de un plano común.** Las soldaduras en filete en lados opuestos de un plano común deben interrumpirse en la esquina común a ambas soldaduras (véase Figura 2.8), a excepción de lo siguiente:

Cuando se exige sellar las juntas o cuando se necesita una soldadura continua por otras razones, los documentos del contrato deben especificar que se requieren tales soldaduras continuas.

**2.9.4 Soldaduras en filete en orificios o ranuras.** Las soldaduras en filete en orificios o ranuras en juntas traslapadas pueden usarse para transferir cizallamiento o impedir el pandeo o la separación de las piezas traslapadas.

El espaciado y las dimensiones mínimas de los orificios o de las ranuras para soldadura en filete deben cumplir con los requisitos de 2.4.4.1, 2.4.4.2, 2.9.1, 2.9.2 y 2.10. Estas soldaduras en filete pueden traslaparse sujeto a las limitaciones de las disposiciones de 2.4.4.4. Las soldaduras en filete en orificios o ranuras no deben considerarse soldaduras de tapón o en ranura.

**2.9.5 Soldaduras en filete intermitentes.** Las soldaduras en filete intermitentes pueden usarse para transferir el esfuerzo entre piezas conectadas.

## 2.10 Configuración y detalles de junta—Soldaduras de tapón y en ranura

**2.10.1 Espaciado mínimo (soldaduras de tapón).** El espaciado mínimo de centro a centro de las soldaduras de tapón debe ser cuatro veces el diámetro del orificio.

**2.10.2 Espaciado mínimo (soldaduras en ranura).** El espaciado mínimo de centro a centro de las líneas de soldaduras en ranura en una dirección transversal a su longitud debe ser cuatro veces el ancho de la ranura. El espaciado mínimo de centro a centro en una dirección longitudinal debe ser dos veces la longitud de la ranura.

**2.10.3 Dimensiones precalificadas.** Las dimensiones para soldaduras de tapón y en ranura precalificadas se describen en 2.4.5 y 3.10.

**2.10.4 Prohibición en aceros revenidos y templados.** Se deben prohibir las soldaduras de tapón y en ranura en aceros revenidos y templados con un  $F_y$  mínimo especificado mayor de 70 ksi [490 MPa].

## 2.11 Placas de relleno

Siempre que sea necesario usar placas de relleno en juntas que deban transmitir una fuerza aplicada, las placas de relleno y las soldaduras que las conectan deben cumplir con los requisitos de 2.11.1 o 2.11.2, según corresponda.

**2.11.1 Placas de relleno delgadas.** Las placas de relleno de un espesor menor de 1/4 pulgadas [6 mm] no deben usarse para transmitir esfuerzos. Cuando el espesor de la placa de relleno sea menor de 1/4 pulgadas [6 mm] o cuando sea mayor de 1/4 pulgadas [6 mm] pero no sea adecuado para transferir la fuerza aplicada entre las piezas conectadas, la placa de relleno debe mantenerse al ras con el borde de la parte externa conectada y el tamaño de la soldadura debe incrementarse sobre el tamaño requerido a una cantidad igual al espesor de la placa de relleno (véase Figura 2.9).

**2.11.2 Placas de relleno gruesas.** Cuando el espesor de la placa de relleno es adecuado para transferir la fuerza aplicada entre las piezas conectadas, la placa de relleno debe extenderse más allá de los bordes del metal base conectado del lado de afuera. Las soldaduras que unen el metal base conectado del lado de afuera a la placa de relleno deben ser suficientes para transmitir la fuerza a la

placa de relleno y el área sometida a la fuerza aplicada en la placa de relleno debe ser adecuada para evitar el esfuerzo excesivo de la placa de relleno. Las soldaduras que unen la placa de relleno con el metal base conectado del lado interno deben ser suficientes para transmitir la fuerza aplicada (véase Figura 2.10).

**2.11.3 Requisito del plano de taller.** Las juntas que requieren placas de relleno deben estar detalladas en el plano de taller y de montaje.

## 2.12 Miembros armados

**2.12.1 Soldadura mínima requerida.** Si dos o más placas o perfiles laminados se usan para armar un miembro, se debe proporcionar suficiente soldadura (en filete, tapón o en ranura) para hacer que las piezas actúen al unísono pero no menos de la necesaria para transmitir el esfuerzo calculado entre las piezas unidas.

**2.12.2 Espaciado máximo de las soldaduras intermitentes**

**2.12.2.1 Generalidades.** Excepto según lo dispuesto por 2.12.2.2 o 2.12.2.3, el espaciado longitudinal máximo de soldaduras intermitentes que conectan un componente de placa a otros componentes no debe exceder de 24 veces el espesor de la placa más delgada ni sobrepasar las 12 pulgadas [300 mm]. El espaciado longitudinal entre soldaduras en filete intermitentes que conectan dos o más perfiles laminados no debe exceder de 24 pulgadas [600 mm].

**2.12.2.2 Miembros en compresión.** En los miembros en compresión armados, excepto por lo dispuesto en 2.12.2.3, el espaciado longitudinal de segmentos de soldadura en filete intermitente a lo largo de los bordes de un componente de placa externo a otros componentes no debe exceder de 12 pulgadas [300 mm] ni el espesor de la placa multiplicado por  $0,730 \sqrt{E/F_y}$  ( $F_y$  = límite elástico mínimo especificada y E es el módulo de elasticidad de Young para el tipo de acero que se esté usando). Cuando los segmentos de soldadura en filete intermitente se alternan a lo largo de los extremos opuestos de los componentes de placa del lado externo más delgados que el ancho indicado en la siguiente oración, el espaciado no debe superar las 18 pulgadas [460 mm] ni el espesor de la placa multiplicado por  $1,10 \sqrt{E/F_y}$ . El ancho no sostenido del alma, la placa de cubierta o las placas de diafragma entre líneas adyacentes de soldaduras no debe exceder el espesor de la placa multiplicado por  $1,46 \sqrt{E/F_y}$ . Cuando el espaciado transversal no sostenido sobrepase este límite, pero una parte de su ancho no mayor de  $1,46 \sqrt{E/F_y}$  veces el espesor cumpla con el requisito de esfuerzo, el miembro debe considerarse aceptable.

**2.12.2.3 Acero resistente al ambiente sin pintar.** En los miembros de acero resistente al ambiente sin pintar expuestos a la corrosión atmosférica, si se utilizan soldaduras en filete intermitentes, el espaciado no debe exceder de 14 veces el espesor de la placa más delgada ni 7 pulgadas [180 mm].

## Parte C Requisitos específicos para el diseño de conexiones no tubulares (cargadas cíclicamente)

### 2.13 Generalidades

**2.13.1 Aplicabilidad.** La Parte C se aplica únicamente a miembros no tubulares y conexiones sometidas a cargas cíclicas, dentro del rango elástico, con frecuencia y magnitud suficientes para iniciar agrietamiento y falla progresiva (fatiga). Las disposiciones de la Parte C proporcionan un método para evaluar los efectos de las fluctuaciones repetidas de esfuerzo en elementos estructurales soldados no tubulares que deben aplicarse para minimizar la posibilidad de una falla por fatiga.

**2.13.2 Otras disposiciones pertinentes.** Las disposiciones de las Partes A y B deben aplicarse al diseño de los miembros y las conexiones sujetos a los requisitos de la Parte C.

**2.13.3 Responsabilidad del Ingeniero.** El Ingeniero debe proporcionar detalles completos, incluso los tamaños de las soldaduras, o bien debe especificar el ciclo de vida útil planificado y el rango máximo de momentos, cizallamientos y reacciones de las conexiones en los documentos del contrato.

### 2.14 Limitaciones

**2.14.1 Umbral del rango de esfuerzo.** No debe exigirse una evaluación de la resistencia a la fatiga si el rango de esfuerzo de sobrecarga de uso es menor que el umbral del rango de esfuerzo,  $F_{TH}$  (véase Tabla 2.5).

**2.14.2 Fatiga de ciclo bajo.** Las disposiciones de la Parte C no son aplicables a los casos de carga de ciclo bajo que inducen esfuerzos calculados en el rango inelástico del esfuerzo.

**2.14.3 Protección contra la corrosión.** Las resistencias a la fatiga descritas en la Parte C se aplican a estructuras con protección contra la corrosión adecuada o sometidas únicamente a ambientes levemente corrosivos, tales como las condiciones atmosféricas normales.

**2.14.4 Miembros redundantes—no redundantes.** Este código ya no reconoce una diferencia entre miembros redundantes y no redundantes.

## 2.15 Cálculo de esfuerzos

**2.15.1 Análisis elástico.** Los esfuerzos calculados y los rangos de esfuerzo deben ser nominales, sobre la base del análisis de esfuerzo elástico a nivel del miembro. Los esfuerzos no necesitan ampliarse por factores de concentración de esfuerzo para discontinuidades geométricas locales.

**2.15.2 Esfuerzo axial y doblado.** En el caso de esfuerzo axial combinado con doblado, el esfuerzo máximo combinado debe ser el que se utiliza para casos de carga aplicada concurrente.

**2.15.3 Secciones simétricas.** En los miembros con secciones transversales simétricas, las soldaduras de conexión deben estar preferentemente dispuestas en forma simétrica respecto del eje del miembro o, si la disposición simétrica no es útil, los esfuerzos totales, incluso los que surgen de la excentricidad de la junta, deben incluirse en el cálculo del rango de esfuerzo.

**2.15.4 Miembros en ángulo.** En el caso de miembros en ángulo con esfuerzo axial, el centro de gravedad de las soldaduras de conexión debe caer entre la línea del centro de gravedad de la sección transversal del ángulo y el centro de la pierna conectada, en cuyo caso los efectos de excentricidad pueden ignorarse. Si el centro de gravedad de la soldadura de conexión está fuera de esta zona, los esfuerzos totales, incluso aquellos causados a partir de la excentricidad de la junta desde el centro de gravedad del ángulo, deben incluirse en el cálculo del rango de esfuerzo.

## 2.16 Esfuerzos y rangos de esfuerzo admisibles

**2.16.1 Esfuerzos admisibles.** Los esfuerzos unitarios calculados en las soldaduras no deben exceder los esfuerzos admisibles descritos en la Tabla 2.3.

**2.16.2 Rangos de esfuerzos admisibles.** El rango de esfuerzo se define como la magnitud de fluctuación del esfuerzo que surge de la aplicación y supresión reiteradas de la carga de uso. En el caso de inversión de esfuerzos, el rango de esfuerzos debe calcularse como la suma numérica de los esfuerzos máximos repetidos de tracción y compresión o la suma de los esfuerzos máximos de cizallamiento de la dirección opuesta a un punto dado, que surge de la disposición diferente de la carga de uso. El rango del esfuerzo calculado no debe exceder del máximo calculado por las Fórmulas (2) a (5), según corresponda (véase Figura 2.11 para el gráfico de las Fórmulas (2) a (5) para las categorías de esfuerzo A, B, B', C, D, E, E' y F).

Para las categorías A, B, B', C, D, E y E', el rango de esfuerzo no debe exceder de  $F_{SR}$  como se determina en la Fórmula (2).

Fórmula (2)

$$F_{SR} = \left( \frac{C_f}{N} \right)^{0.333} \geq F_{TH} \text{ (ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[ \left( \frac{C_f \times 329}{N} \right)^{0.333} \geq F_{TH} \text{ (MPa)} \right]$$

En la que:

$F_{SR}$  = Rango de esfuerzo admisible, ksi [MPa]

$C_f$  = Constante de la Tabla 2.5 para todas las categorías, excepto la categoría F.

$N$  = Número de ciclos de esfuerzo en la vida del diseño.

= Ciclos por día  $\times$  365  $\times$  años de vida del diseño.

$F_{TH}$  = Rango de umbral de esfuerzo de fatiga, es decir, el rango de esfuerzo máximo para vida infinita, ksi [MPa]

Para la categoría de esfuerzo F, el rango de esfuerzo no debe exceder de  $F_{SR}$  como se determina en la Fórmula (3).

Fórmula (3)

$$F_{SR} = \left( \frac{C_f}{N} \right)^{0.167} \geq F_{TH} \text{ (ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[ \left( \frac{C_f \times 11 \times 10^4}{N} \right)^{0.167} \geq F_{TH} \text{ (MPa)} \right]$$

En la que:

$C_f$  = Constante de la Tabla 2.5 para la categoría F

**En los elementos de placa cargados en tensión en los detalles de juntas en cruz, en T y en esquina** con soldaduras con CJP, soldaduras con PJP, soldaduras en filete o combinaciones de ellas, transversales a la dirección del esfuerzo, el rango de esfuerzo máximo de la sección transversal del elemento de placa con carga de tensión debe determinarse por (a), (b) o (c) según lo siguiente:

(a) **Para la sección transversal de un elemento de placa con carga en tensión**, el rango de esfuerzo máximo sobre la sección transversal del metal base en el pie de la soldadura regido por la consideración de iniciación de la grieta desde el pie de la soldadura, el rango de esfuerzo no debe exceder de  $F_{SR}$ , según se determina en la Fórmula (2), categoría C, que debe ser igual a:

$$F_{SR} = \left( \frac{44 \times 10^8}{N} \right)^{0.333} \geq 10 \text{ (ksi)}$$

$$F_{SR} = \left[ \left( \frac{14.4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0.333} \geq 68.9 \text{ (MPa)} \right]$$

(b) **Para conexiones de extremo de elementos de placa con carga en tensión que usen soldaduras transversales con PJP**, con o sin soldaduras en filete que confornean o de refuerzo, el rango de esfuerzo máximo en la sección transversal del metal base en el pie de la soldadura regido por la consideración de iniciación de grieta desde la raíz de la soldadura no debe exceder de  $F_{SR}$ , según se determina en la Fórmula (4).

Fórmula (4)

$$F_{SR} = R_{PJP} \left( \frac{44 \times 10^8}{N} \right)^{0.333} \quad (\text{ksi})$$

$$F_{SR} = \left[ R_{PJP} \left( \frac{14.4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0.333} \right] \quad (\text{MPa})$$

En la que:

$R_{PJP}$  = Factor de reducción para juntas con PJP reforzadas o no reforzadas

$$R_{PJP} = \frac{0.65 - 0.59(2a/t_p) + 0.72(w/t_p)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \quad (\text{for in})$$

$$\frac{1.12 - 1.01(2a/t_p) + 1.24(w/t_p)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \quad (\text{for mm})$$

$2a$  = la longitud de la cara de la raíz no soldada en la dirección del espesor de la placa con carga de tracción

$t_p$  = el espesor del elemento de placa con carga de tracción (pulgadas o mm)

$w$  = el tamaño de la pierna del filete de refuerzo o de contorno, si hubiera, en la dirección del espesor de la placa con carga de tracción (pulgadas o mm)

(c) **Para conexiones de extremo de elementos de placa con carga en tensión que usan un par de soldaduras en filete**, el rango de esfuerzo máximo sobre la sección transversal del metal base en el pie de la soldadura regido por la consideración de iniciación de grieta desde la raíz de la soldadura debido a la tracción sobre la raíz, no debe exceder de  $F_{SR}$ , según se determina en la Fórmula (5). Además, el rango de esfuerzo de cizallamiento en la garganta de la soldadura no debe exceder de  $F_{SR}$  por la Fórmula (3) categoría F.

Fórmula (5)

$$F_{SR} = R_{FH} \left( \frac{44 \times 10^8}{N} \right)^{0.333} \quad (\text{ksi})$$

$$F_{SR} = \left[ R_{FH} \left( \frac{14.4 \times 10^{11}}{N} \right)^{0.333} \right] \quad (\text{MPa})$$

En la que:

$R_{FH}$  = Factor de reducción para juntas que usan únicamente un par de soldaduras en filete transversales

$$R_{FH} = \frac{0.06 + 0.72 \left( \frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \quad (\text{for in})$$

$$R_{FH} = \frac{0.10 + 1.24 \left( \frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0 \quad (\text{for mm})$$

## 2.17 Detalles, fabricación y montaje

### 2.17.1 Transiciones de espesor y ancho

#### 2.17.1.1 Transiciones de espesor de juntas a tope.

Las juntas a tope entre piezas que tienen espesores desiguales y están sometidas a esfuerzos de tracción cíclicos deben tener transiciones suaves entre las superficies de desplazamiento en una pendiente no mayor de 1 en 2-1/2 con la superficie de cada pieza. La transición puede lograrse inclinando las superficies de la soldadura, al biselar la pieza más gruesa o al combinar los dos métodos (véase Figura 2.2).

#### 2.17.1.2 Transiciones de ancho de juntas a tope.

Las juntas a tope entre piezas que tienen ancho desigual y están sometidas a esfuerzo cíclico en el rango de tracción deben tener una transición suave entre los bordes de desplazamiento con una inclinación de no más de 1 sobre 2-1/2 con el borde de cada pieza o se debe proporcionar una transición que tenga un radio mínimo de 24 pulgadas [600 mm] tangente a la pieza más angosta en el centro de la junta a tope (véase Figura 2.12). Puede usarse un rango de esfuerzo aumentado para aceros que tengan un esfuerzo de fluencia mayor de 90 ksi [620 MPa] con detalles que incorporen el radio.

### 2.17.2 Respaldo

#### 2.17.2.1 Soldaduras para fijar el respaldo de acero.

Tanto los requisitos de las soldaduras para fijar los respaldos de acero como la determinación de si el respaldo debe eliminarse o mantenerse en su lugar deben cumplir lo descrito en 2.17.2.2, 2.17.2.3, 2.17.2.4 y las categorías de rango de esfuerzo de la Tabla 2.5. El Ingeniero debe dejar sentada la categoría de esfuerzo de fatiga en los planos del contrato. El Contratista debe dejar sentado en los planos de taller la ubicación requerida, el detalle de soldadura que se usará, si las soldaduras de punteado deben estar dentro de la ranura o si se debe permitir que estén fuera de la misma y si se debe permitir que el respaldo permanezca en su lugar o se retire para proporcionar la categoría prevista de rango de esfuerzo.

#### 2.17.2.2 Juntas en T y en esquina con CJP realizadas desde un lado.

Las soldaduras para fijar el respaldo pueden hacerse dentro o fuera de la ranura de la junta. El respaldo para juntas sometidas a carga de tracción transversal cíclica (fatiga) debe eliminarse y el lado posterior de la junta debe acabarse en forma consistente con la cara de la soldadura. Cualquier discontinuidad inaceptable que se haya descubierto o que se haya ocasionado por la eliminación debe repararse para cumplir con los criterios de aceptación de este código.

#### 2.17.2.3 Juntas a tope con CJP.

Las soldaduras para fijar el respaldo pueden hacerse dentro o fuera de la ranura a menos que esté restringido en la descripción de la categoría de esfuerzo. La soldaduras de punteado ubicadas fuera de la ranura de la junta no deben terminar cerca de las 1/2 pulgadas [12 mm] desde el borde de la pieza conectada. El respaldo puede permanecer en su lugar o retirarse, a menos que esté restringido en la categoría de esfuerzo usada en el diseño.

**2.17.2.4 Soldaduras en ranura longitudinal y juntas en esquina.** El respaldo de acero, si se lo utiliza, deberá ser continuo a lo largo de la longitud completa de la junta. Las soldaduras para fijar el respaldo pueden hacerse dentro o fuera de la ranura (véase 5.9.1.2).

**2.17.3 Soldadura de contorno en juntas en T y en esquina.** En juntas transversales en esquina y en T sometidas a tracción o con tracción por el doblado, se debe agregar una sola pasada de soldadura en filete de contorno de tamaño no menor de 1/4 pulgadas [6 mm] en las esquinas reentrantes.

**2.17.4 Bordes cortados a llama.** Los bordes cortados a llama no requieren rectificad o siempre que cumplan con las disposiciones de rugosidad de 5.14.8.3.

**2.17.5 Juntas a tope cargadas transversalmente.** En las juntas a tope cargadas transversalmente deben usarse lengüetas de soldadura para proporcionar una terminación en cascada de la soldadura fuera de la junta terminada. No deben usarse diques en los extremos. Las lengüetas de soldadura deben eliminarse y se debe acabar la soldadura al ras con el borde del miembro.

**2.17.6 Terminaciones de la soldadura en filete.** Además de los requisitos de 2.9.3.3, se aplica lo siguiente a las terminaciones de soldadura sometidas a carga cíclica (fatiga). En el caso de conexiones y detalles con fuerzas cíclicas en elementos sobresalientes con una frecuencia y magnitud suficientes como para provocar una falla progresiva iniciándose en un punto de máximo esfuerzo en el extremo de la soldadura, las soldaduras en filete se deben rematar alrededor del lado o del extremo para una distancia no menor a dos veces el tamaño nominal de la soldadura.

## 2.18 Juntas y soldaduras prohibidas

**2.18.1 Soldadura en ranura de un solo lado.** Las soldaduras en ranura, hechas desde un solo lado sin respaldo o hechas con un respaldo que no es de acero y que no haya sido calificado de conformidad con la Sección 4 deben prohibirse, excepto que estas prohibiciones para soldaduras en ranura hechas de un solo lado no deban aplicarse en los siguientes casos:

(1) Miembros secundarios o que no soportan esfuerzo.

(2) Juntas en esquina paralelas a la dirección del esfuerzo calculado entre componentes de miembros armados.

**2.18.2 Soldaduras en ranura de posición plana.** Las soldaduras en ranura con bisel y en ranura en J en juntas a tope soldadas en posición plana deben prohibirse donde sea factible realizar juntas en ranura en V o en U.

**2.18.3 Soldaduras en filete inferiores a 3/16 pulgadas [5 mm].** Deben prohibirse las soldaduras en filete inferiores a 3/16 pulgadas [5 mm].

**2.18.4 Soldaduras en T y en esquina con CJP con el respaldo en su lugar.** Deben prohibirse las soldaduras en esquina con CJP y en T sometidas a esfuerzo de tracción transversal cíclico con la barra de respaldo en su lugar.

## 2.19 Inspección

Las categorías de fatiga B y C requieren que el Ingeniero garantice que las soldaduras en ranura con CJP sometidas a un esfuerzo aplicado transversal cíclico en el rango de tracción sean inspeccionadas mediante pruebas radiográficas (RT) o pruebas por ultrasonido (UT).

**Tabla 2.1**  
**Tamaño efectivo de soldaduras en ranuras abocinadas (véase 2.4.1.4)**

Proceso de soldadura	Ranura de bisel abocinada	Ranura abocinada en V
SMAW y FCAW-S	5/16 R	5/8 R
GMAW <sup>a</sup> y FCAW-G	5/8 R	3/4 R
SAW	5/16 R	1/2 R

<sup>a</sup> Excepto GMAW-S

Nota: R = radio de superficie exterior.

**Tabla 2.2.**  
**Dimensión de pérdida Z (no tubular) (véase 2.4.3.3)**

Ángulo diedro $\Psi$	Posición de soldadura—V u OH			Posición de soldadura—H o F		
	Proceso	Z (pulg.)	Z (mm)	Proceso	Z (pulg.)	Z (mm)
$60^\circ > \Psi \geq 45^\circ$	SMAW	1/8	3	SMAW	1/8	3
	FCAW-S	1/8	3	FCAW-S	0	0
	FCAW-G	1/8	3	FCAW-G	0	0
	GMAW	N/A	N/A	GMAW	0	0
$45^\circ > \Psi \geq 30^\circ$	SMAW	1/4	6	SMAW	1/4	6
	FCAW-S	1/4	6	FCAW-S	1/8	3
	FCAW-G	3/8	10	FCAW-G	1/4	6
	GMAW	N/A	N/A	GMAW	1/4	6

**Tabla 2.3**  
**Esfuerzos admisibles (véase 2.6.4 y 2.16.1)**

Tipo de esfuerzo aplicado	Esfuerzo admisible	Nivel de resistencia del metal de aporte
<b>Soldaduras en ranura con CJP</b>		
Tracción normal al área efectiva <sup>a</sup>	Igual que para el metal base	Se debe utilizar un metal de aporte de igual resistencia <sup>b</sup>
Compresión normal al área efectiva	Igual que para el metal base	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o de una clasificación (10 ksi [70 MPa]) menor que el metal de aporte de igual resistencia.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura <sup>c</sup>	No es una consideración de diseño de junta soldada	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte de igual resistencia
Cizallamiento en el área efectiva	0,30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte excepto que el cizallamiento en el metal base no debe exceder de 0,40 × límite elástico del metal base	
<b>Soldaduras en ranura con PJP</b>		
Tracción normal al área efectiva	0,30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte de igual resistencia
Compresión normal al área efectiva de la soldadura en juntas diseñadas como resistentes	0,90 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte, pero no debe exceder de 0,90 × límite elástico del metal base conectado	
Compresión normal al área efectiva de la soldadura en juntas no diseñadas como resistentes	0,75 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte	
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura <sup>c</sup>	No es una consideración de diseño de junta soldada	
Cizallamiento paralelo al eje del área efectiva	0,30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte excepto que el cizallamiento en el metal base no debe exceder de 0,40 × límite elástico del metal base	
<b>Soldaduras en filete</b>		
Cizallamiento en el área efectiva o soldadura	0,30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte excepto que el esfuerzo en la sección neta del área de cizallamiento del metal base no debe exceder de 0,40 × límite elástico del metal base <sup>d,e</sup>	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte de igual resistencia
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura <sup>c</sup>	No es una consideración de diseño de junta soldada	
<b>Soldaduras de tapón y en ranura</b>		
Cizallamiento paralelo a la superficie de contacto en el área efectiva <sup>f</sup>	0,30 × clasificación de resistencia a la tracción del metal de aporte	Puede usarse metal de aporte con un nivel de resistencia igual a o menor que el metal de aporte de igual resistencia

<sup>a</sup> Consulte las definiciones de áreas efectivas en 2.4

<sup>b</sup> Consulte los aceros aprobados por el código con resistencias coincidentes entre el metal base y el metal de aporte en Tabla 3.1, Tabla 3.2, y Tabla 4.9

<sup>c</sup> Los componentes de miembros contruidos unidos por soldaduras en filete y soldaduras en ranura se pueden diseñar sin considerar los esfuerzos de tracción y de compresión en los componentes conectados paralelos al eje de la soldadura, aunque el área de la soldadura normal al eje de la soldadura puede estar incluida en la sección transversal del miembro.

<sup>d</sup> La limitación del esfuerzo en el metal base a 0,40 × punto de fluencia del metal base no se aplica al esfuerzo en la pierna de soldadura esquemática; sin embargo, se debe verificar y asegurar que la resistencia de la conexión no esté limitada por el espesor del metal base en el área neta alrededor de la conexión, especialmente en el caso de un par de soldaduras en filete en los lados opuestos de una placa.

<sup>e</sup> Alternativamente, véase 2.6.4.2, 2.6.4.3 y 2.6.4.4. Rige la nota d (arriba)

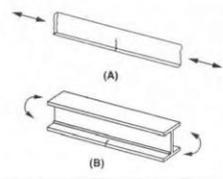
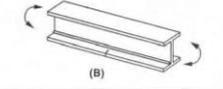
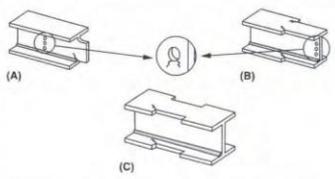
<sup>f</sup> La resistencia de la conexión también debe estar limitada por la capacidad de carga de desgarramiento del metal base más delgado en el área perimetral alrededor de la conexión.

**Tabla 2.4**  
**Coefficientes de equivalencia de resistencia para soldaduras en filete con carga oblicua**  
**(véase 2.6.4.4)**

Ángulo de carga para el elemento analizado	Ángulo de carga para el elemento de soldadura con la menor capacidad de deformación							
	0	C (90)	C (75)	C (60)	C (45)	C (30)	C (15)	C (0)
0	0.825	0.849	0.876	0.909	0.948	0.994		1
15		1.02	1.04	1.05	1.07	1.06	0.883	
30		1.16	1.17	1.18	1.17	1.10		
45		1.29	1.30	1.29	1.26			
60		1.40	1.40	1.39				
75		1.48	1.47					
90		1.50						

Nota: el elemento de soldadura con la menor capacidad de deformación será el elemento con el mayor ángulo de carga. Se permite la interpolación lineal entre ángulos de carga adyacentes.

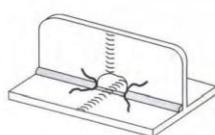
**Tabla 2.5**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 1—Material simple alejado de cualquier soldadura</b>					
1.1 Metal base, excepto acero resistente al ambiente sin recubrimiento, con superficie laminada o limpia. Bordes cortados a llama con valores de rugosidad de superficie de 1000 $\mu\text{in}$ [25 $\mu\text{m}$ ] o inferior, pero sin esquinas reentrantes.	A	$250 \times 10^8$	24 [165]	Alejado de cualquier soldadura o conexión estructural	1.1/1.2 
1.2 Metal base, excepto acero resistente al ambiente sin recubrimiento, con superficie laminada o limpia. Bordes cortados a llama con valores de rugosidad de superficie de 1000 $\mu\text{in}$ [25 $\mu\text{m}$ ] o inferior, pero sin esquinas reentrantes.	B	$120 \times 10^8$	16 [110]	Alejado de cualquier soldadura o conexión estructural	
1.3 Miembro con esquinas reentrantes en recortes redondeados, cortes, bloques u otras discontinuidades geométricas, excepto los orificios de acceso a la soldadura. $R \geq 1$ pulgadas [25 mm] con un radio formado por perforaciones previas, subpunzado y escariado o un corte térmico y esmerilado hasta una superficie brillante del metal. $R \geq 3/8$ pulgadas [10 mm] y el radio no debe estar esmerilado hasta una superficie de metal brillante.	C	$44 \times 10^8$	10 [69]	Orificio En cualquier borde externo o en el perímetro del orificio	1.3 
	E*	$\frac{3.9}{\times 10^8}$	2.6 [18]		

(Continuación)

19

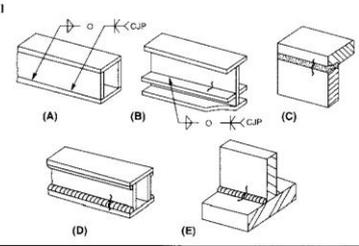
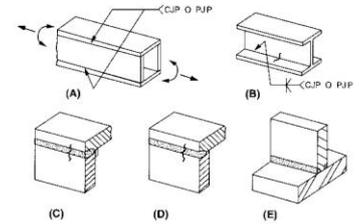
**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 1—Material simple alejado de cualquier soldadura (Cont.)</b>					
1.4 Secciones transversales laminadas con orificios de acceso a la soldadura hechos según los requisitos de 2.17.4 y 5.16.1. <u>Acceso al orificio <math>R \geq 1</math> pulgada [25 mm] con un radio formado por perforaciones previas, subpunzado y escariado o un corte térmico y esmerilado hasta una superficie brillante del metal.</u> <u>Acceso al orificio <math>R \geq 3/8</math> pulgadas [10 mm] y el radio no debe estar esmerilado hasta una superficie del metal brillante.</u>	C	$44 \times 10^8$	10 [69]	En la esquina reentrante del orificio de acceso a la soldadura	1.4 
	E*	$\frac{3.9}{\times 10^8}$	2.6 [18]		
1.5 Miembros con orificios perforados o escariados. <u>Orificios con pernos pretensionados</u> <u>Orificios abiertos sin pernos</u>	C	$44 \times 10^8$	10 [69]	En la sección de la red que se origina al costado del orificio	1.5 
	D	$22 \times 10^8$	7 [48]		
<b>Sección 2—Material conectado en juntas sujetadas en forma mecánica—No utilizado*</b>					

(Continuación)

20

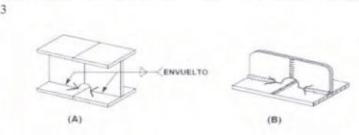
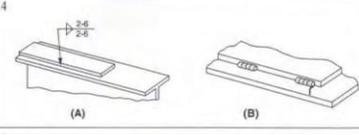
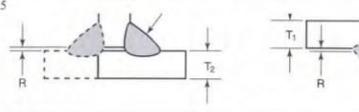
**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 3—Juntas soldadas que unen componentes de miembros armados</b>					
3.1 Metal base y metal soldado en miembros sin accesorios armados de placas o formas conectadas mediante soldaduras en ranura con CJP longitudinales continuas, no ranuradas y soldadas desde el segundo lateral o mediante soldaduras en filete continuas.	B	$120 \times 10^8$	16 [110]	Desde la superficie o las discontinuidades internas en la soldadura	3.1 
3.2 Metal base y metal soldado en miembros sin accesorios armados de placas o formas conectadas mediante soldaduras en ranura con CJP longitudinales continuas con respaldo de acero continuo en el lugar, o mediante soldaduras en ranura con PJP continuas.	B'	$61 \times 10^8$	12 [83]	Desde la superficie o las discontinuidades internas en la soldadura	3.2 

(Continuación)

21

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 3—Juntas soldadas que unen componentes de miembros armados (Cont.)</b>					
3.3 Metal base en los extremos de las soldaduras longitudinales que terminan en los orificios de acceso de la soldadura en los miembros armados conectados, además de los pies de la soldadura de las soldaduras en filete que envuelven los extremos de los orificios de acceso de la soldadura.  Acceso al orificio R2 de 1 pulgada [25 mm] con un radio formado por perforaciones previas, subpunzonado y escariado o un corte térmico y esmerilado hasta una superficie brillante del metal.  Acceso al orificio R2 3/8 pulgadas [10 mm] y el radio no debe estar esmerilado hasta una superficie del metal brillante.	D  E'	$22 \times 10^8$  $3.9 \times 10^8$	7 [48]  2,6 [18]	Desde la terminación de la soldadura hacia el alma o ala	3.3 
3.4 Metal base en los extremos de los segmentos de soldadura en filete intermitente longitudinal.	E	$11 \times 10^8$	4,5 [31]	En el material conectado en las ubicaciones de inicio y final de cualquier soldadura	3.4 
3.5 Metal base en extremos de placas de cubierta soldadas de longitud parcial más estrecho que la brida con extremos cónicos o cuadrados, con o sin soldaduras a lo largo de los extremos.  Espesor de la brida $\leq 0,8$ pulg. [20 mm] Espesor de la brida $> 0,8$ pulg. [20 mm]	E  E'	$11 \times 10^8$  $3,9 \times 10^8$	4,5 [31]  2,6 [18]	En el pie del extremo de la soldadura de la brida (si está presente) o en la terminación de la soldadura longitudinal de la brida.	3.5 

(Continuación)

22

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{FH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 3—Juntas soldadas que unen componentes de miembros armados (Cont.)</b>					
<p>3.6 Metal base en extremos de placas de cubierta soldada de longitud parcial u otros accesorios más anchos que la brida con soldaduras a lo largo de los extremos</p> <p>Espesor de la brida <math>\leq 0,8</math> pulg. [20 mm]</p> <p>Espesor de la brida <math>&gt; 0,8</math> pulg. [20 mm]</p>	E	$11 \times 10^8$	4,5 [31]	<p>En el pie del extremo de la soldadura de la brida o en la terminación de la soldadura longitudinal de la brida</p>	<p>3.6</p>
	E'	$3,9 \times 10^8$	2,6 [18]		
<p>3.7 Metal base en extremos de placas de cubierta soldada de longitud parcial más anchas que la brida sin soldaduras a lo largo de los extremos</p> <p>Espesor de la brida <math>\leq 0,8</math> pulg. [20 mm]</p> <p>No se permite un espesor de la brida <math>&gt; 0,8</math> pulg. [20 mm]</p>	E'	$3,9 \times 10^8$	2,6 [18]	<p>En el borde de la brida en el extremo de la soldadura de la placa cubierta</p>	<p>3.7</p>
<b>Sección 4—Conexiones de extremos con soldadura en filete longitudinal</b>					
<p>4.1 Metal base en la unión de los miembros cargados axialmente con conexiones de extremo soldadas longitudinalmente. Las soldaduras están a cada lado del eje del miembro para equilibrar los esfuerzos de soldadura.</p> <p><math>t \leq 0,5</math> pulg. [12 mm]</p> <p><math>t &gt; 0,5</math> pulg. [12 mm]</p>	E	$11 \times 10^8$	4,5 [31]	<p>Comienza desde el extremo de cualquier terminación de soldadura y se extiende hacia el metal base</p>	<p>4.1</p>
	E'	$3,9 \times 10^8$	2,6 [18]		

(Continuación)

2.3

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{FH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 5—Juntas soldadas transversales a la dirección del esfuerzo</b>					
<p>5.1 Metal y metal base de soldadura en empalmes soldados en ranuras con CJP, o adyacente a ellos, en placas, perfiles laminados o secciones transversales armadas sin cambio en la sección transversal con soldaduras esmeriladas básicamente en paralelo a la dirección del esfuerzo e inspeccionados de acuerdo con 2.19.</p>	B	$120 \times 10^8$	16 [110]	<p>Desde las discontinuidades internas en el metal de soldadura o a lo largo del límite de fusión</p>	<p>5.1</p>
<p>5.2 Metal y metal base de soldadura en empalmes soldados en ranuras con CJP, o adyacente a ellos, con soldaduras esmeriladas básicamente en paralelo a la dirección del esfuerzo en transiciones de espesor o de ancho realizadas sobre una inclinación no mayor a 1 a 2-1/2 e inspeccionado de acuerdo con 2.19.</p> <p><math>F_y &lt; 90</math> ksi [620 MPa]</p> <p><math>F_y \geq 90</math> ksi [620 MPa]</p>	B	$120 \times 10^8$	16 [110]	<p>Desde las discontinuidades internas en el metal de soldadura o a lo largo del límite de fusión o al comienzo de la transición cuando <math>F_y \geq 90</math> ksi [620 MPa]</p>	<p>5.2</p>
	B'	$61 \times 10^8$	12 [83]		
<p>5.3 Metal y metal base de soldadura en empalmes soldados en ranuras con CJP, o adyacente a ellos, con soldaduras esmeriladas básicamente paralelas a la dirección del esfuerzo en transiciones de ancho realizadas en un radio de no menos de 24 pulgadas [600 mm] con el punto de tangencia en el extremo de la soldadura en ranura e inspeccionado de acuerdo a 2.19.</p>	B	$120 \times 10^8$	16 [110]	<p>Desde las discontinuidades internas en el metal de soldadura o a lo largo del límite de fusión</p>	<p>5.3</p>

(Continuación)

2.4

25

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 5—Juntas soldadas transversales a la dirección del esfuerzo (Cont.)</b>					
5.4 Metal y metal base de soldadura en empalmes o juntas en T o en esquina soldados en ranuras con CJP o adyacentes a ellos, sin transiciones de espesor o con transición de espesor con inclinaciones no mayores a 1 al 2-1/2, cuando la soldadura de refuerzo no se elimina y se inspecciona de acuerdo con 2.19.	C	$44 \times 10^8$	10 [69]	Desde la soldadura que se extiende hacia el metal base o a lo largo de la soldadura del metal	<p style="text-align: center;">5.4</p>

(Continuación)

26

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 5—Juntas soldadas transversales a la dirección del esfuerzo (Cont.)</b>					
5.5 Metal base y metal de soldadura en empalmes a tope en ranura soldada con CJP transversales, o adyacente a ellos, con respaldo en su lugar. Soldaduras de punteado dentro de la ranura Soldaduras de punteado fuera de la ranura y no más cercanas de 1/2 pulgada [12 mm] del borde de metal base	D E	$22 \times 10^8$ $11 \times 10^8$	7 [48] 4.5 [31]	Desde el pie de la soldadura en ranura o el pie de la soldadura que fija el respaldo cuando corresponde	<p style="text-align: center;">5.5</p>

(Continuación)

2.7

2.8

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 5—Juntas soldadas transversales a la dirección del esfuerzo (Cont.)</b>					
5.6 Metal base y metal de soldadura en conexiones de extremo transversales de placas a tracción utilizando las soldaduras en ranura con PJP a tope. Juntas en esquina o en T, con filetes reforzados o contorneados. $F_{56}$ debe ser el menor del rango de esfuerzo de la grieta en el pie o en la raíz.					
Grieta iniciándose desde el pie de la soldadura:	C	$44 \times 10^8$	10 [69]	Iniciándose desde el pie de la soldadura y extendiéndose hacia el metal base	
Grieta iniciándose desde la raíz de la soldadura:	C*	Fórmula (d)	Ninguno	Iniciándose en la raíz de la soldadura extendiéndose hacia y a través de la soldadura	

(Continuación)

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 5—Juntas soldadas transversales a la dirección del esfuerzo (Cont.)</b>					
5.7 Metal base y metal de soldadura en conexiones de extremo transversales de placas a tracción utilizando las soldaduras en ranura en los lados opuestos de la placa. $F_{57}$ debe ser el menor del rango de esfuerzo admisible de la grieta en el pie o en la raíz.					
Grieta iniciándose desde el pie de la soldadura:	C	$44 \times 10^8$	10 [69]	Iniciándose desde el pie de la soldadura y extendiéndose hacia el metal base	
Grieta iniciándose desde la raíz de la soldadura:	C*	Fórmula (d)	Ninguno	Iniciándose en la raíz de la soldadura y extendiéndose hacia y a través de la soldadura	
5.8 Metal base de placas cargadas a tracción y sobre formas incorporadas y almas o bridas de viga laminadas en el pie de las soldaduras en filete transversales, adyacentes a los rigidizadores transversales soldados.	C	$44 \times 10^8$	10 [69]	Desde discontinuidad geométrica en el pie del filete que se extiende en el metal base	

(Continuación)

27

30

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{FH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 6—Metal base en conexiones de miembros transversales soldados</b>					
<p>6.1 Metal base de espesor igual o desigual en detalles sujetos por las soldaduras en ranura con CJP sometidas a cargas longitudinales únicamente cuando el detalle implica un radio de transición, R, con la terminación de soldadura de suave esmerilado e inspeccionado de acuerdo con 2.19.</p> <p>R ≥ 24 pulg. [600 mm]</p> <p>6 pulg. ≤ R &lt; 24 pulg. [150 mm ≤ R &lt; 600 mm]</p> <p>2 pulg. ≤ R &lt; 6 pulg. [50 mm ≤ R &lt; 150 mm]</p> <p>R &lt; 2 pulg. [50 mm]</p>	B	120 × 10 <sup>8</sup>	16 [110]	Cerca del punto de tangencia del radio en el borde del miembro	<p>6.1</p>
	C	44 × 10 <sup>8</sup>	10 [69]		
	D	22 × 10 <sup>8</sup>	7 [48]		
	E	11 × 10 <sup>8</sup>	4.5 [31]		

(Continuación)

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{FH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 6—Metal base en conexiones de miembros transversales soldados (Cont.)</b>					
<p>6.2 Metal base en detalles de igual espesor sujetos por las soldaduras en ranura con CJP a cargas transversales con o sin carga longitudinal cuando el detalle implica un radio de transición, R, con la terminación de soldadura de suave esmerilado e inspeccionado de acuerdo con 2.19.</p> <p>6.2(a) Cuando se elimina el refuerzo de la soldadura:</p> <p>R ≥ 24 pulg. [600 mm]</p> <p>6 pulg. ≤ R &lt; 24 pulg. [150 mm ≤ R &lt; 600 mm]</p> <p>2 pulg. ≤ R &lt; 6 pulg. [50 mm ≤ R &lt; 150 mm]</p> <p>R &lt; 2 pulg. [50 mm]</p> <p>6.2(b) Cuando no se elimina el refuerzo de la soldadura:</p> <p>R ≥ 6 pulg. [150 mm]</p> <p>2 pulg. ≤ R &lt; 6 pulg. [50 mm ≤ R &lt; 150 mm]</p> <p>R &lt; 2 pulg. [50 mm]</p>	B	120 × 10 <sup>8</sup>	16 [110]	Cerca de los puntos de tangencia del radio o en la soldadura o en el límite de fusión del miembro o del accesorio	<p>6.2</p>
	C	44 × 10 <sup>8</sup>	10 [69]		
	D	22 × 10 <sup>8</sup>	7 [48]		
	E	11 × 10 <sup>8</sup>	4.5 [31]		
	C	44 × 10 <sup>8</sup>	10 [69]	En el pie de la soldadura ya sea a lo largo del miembro o del accesorio	
	D	22 × 10 <sup>8</sup>	7 [48]		
	E	11 × 10 <sup>8</sup>	4.5 [31]		

(Continuación)

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{FH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 6—Metal base en conexiones de miembros transversales soldados (Cont.)</b>					
<p>6.3 Metal base en detalles de desigual espesor sujetos por las soldaduras en ranura con CJP a cargas transversales con o sin carga longitudinal cuando el detalle implica un radio de transición, <math>R</math>, con la terminación de soldadura de suave esmerilado e inspeccionado de acuerdo con 2.19.</p> <p>6.3(a) Cuando se elimina el refuerzo de la soldadura:  <math>R &gt; 2</math> pulg. [50 mm]</p> <p><math>R \leq 2</math> pulg. [50 mm]</p> <p>6.3(b) Cuando no se elimina el refuerzo de la soldadura:  Cualquier radio</p>	<p>D</p> <p>E</p> <p>E</p>	<p><math>22 \times 10^3</math></p> <p><math>11 \times 10^3</math></p> <p><math>11 \times 10^3</math></p>	<p>7 [48]</p> <p>4.5 [31]</p> <p>4.5 [31]</p>	<p>En el pie de la soldadura a lo largo del borde del material más delgado</p> <p>En la terminación de soldadura en un radio menor</p> <p>En el pie de la soldadura a lo largo del borde del material más delgado</p>	

(Continuación)

31

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 6—Metal base en conexiones de miembros transversales soldados (Cont.)</b>					
<p>6.4 Metal base de espesor igual o desigual, sujeto al esfuerzo longitudinal en los miembros transversales, con o sin el esfuerzo transversal, sujeto por las soldaduras en ranura con PJP o en filete en paralelo a la dirección del esfuerzo cuando el detalle implica un radio de transición, R, con la terminación de soldadura de suave esmerilado.</p> <p>R &gt; 2 pulg. [50 mm] R ≤ 2 pulg. [50 mm]</p>	D	22 × 10 <sup>8</sup>	7 [48]	<p>Iniciándose en el metal base en la terminación de la soldadura o en el pie de la soldadura, extendiéndose hacia el metal base</p>	<p>6.4</p>
	E	11 × 10 <sup>8</sup>	4.5 [31]		

(Continuación)

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

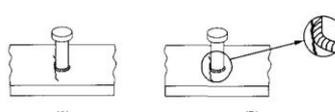
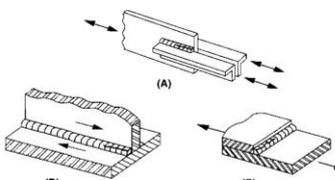
Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 7—Metal base en accesorios cortos<sup>a</sup></b>					
<p>7.1 Metal base sujeto a carga longitudinal en detalles con soldaduras paralelas o transversales a la dirección del esfuerzo con o sin la carga transversal en el detalle, donde el detalle no implica un radio de transición, y con un detalle de longitud, a, en dirección al esfuerzo y el espesor del accesorio, b:</p> <p>a &lt; 2 pulg. [50 mm] para cualquier espesor, b</p> <p>2 pulg. [50 mm] ≤ a ≤ menor de 12b o 4 pulg. [100 mm]</p> <p>a &gt; menor de 12b o 4 pulg. [100 mm] cuando b ≤ 0.8 pulg. [20 mm]</p> <p>a &gt; 4 pulg. [100 mm] cuando b es &gt; 0.8 pulg. [20 mm]</p>	C	44 × 10 <sup>8</sup>	10 [69]	<p>Iniciándose en el metal base en la terminación de la soldadura o en el pie de la soldadura, extendiéndose hacia el metal base</p>	<p>7.1</p>
	D	22 × 10 <sup>8</sup>	7 [48]		
	E	11 × 10 <sup>8</sup>	4.5 [31]		
	E'	3.9 × 10 <sup>8</sup>	2.6 [18]		
<p>7.2 Metal base sujeto al esfuerzo longitudinal en los detalles sujetos por las soldaduras en ranura con PJP o en filete, con o sin carga transversal en el detalle, cuando el detalle implica un radio de transición, R, con la terminación de soldadura de suave esmerilado.</p> <p>R &gt; 2 pulg. [50 mm] R ≤ 2 pulg. [50 mm]</p>	D	22 × 10 <sup>8</sup>	7 [48]	<p>Iniciándose en el metal base en la terminación de la soldadura, extendiéndose hacia el metal base</p>	<p>7.2</p>
	E	11 × 10 <sup>8</sup>	4.5 [31]		

(Continuación)

32

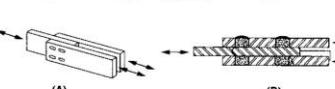
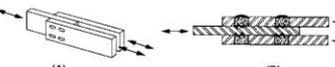
33

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 8—Varios</b>					
8.1 Metal base en pernos de acero con cabeza de anclaje sujetos por la soldadura en filete o la soldadura automática con pernos.	C	$44 \times 10^5$	10 [69]	En el pie de la soldadura en el metal base	8.1 
8.2 Cizallamiento sobre la garganta de cualquier soldadura en filete, continuo o intermitente, longitudinal o transversal.	F	$150 \times 10^{10}$ Fórmula (3)	8 [55]	Iniciándose en la raíz de la soldadura en filete, extendiéndose hacia la soldadura	8.2 

(Continuación)

**Tabla 2.5 (Continuación)**  
**Parámetros de diseño para esfuerzos de fatiga (véase 2.14.1)**

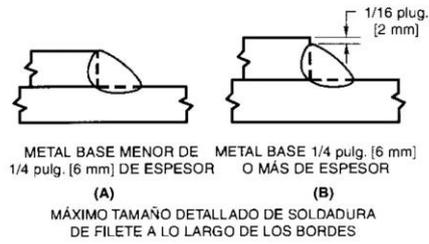
Descripción	Categoría de esfuerzo	Constante $C_f$	Umbral $F_{TH}$ ksi [MPa]	Punto de inicio de grietas potenciales	Ejemplos ilustrativos
<b>Sección 8—Varios (Cont.)</b>					
8.3 Metal base en soldaduras en ranura o tapón	F	$11 \times 10^8$	4,5 [31]	Iniciándose en el extremo de la soldadura en ranura o tapón, extendiéndose hacia el metal base	8.3 
8.4 Cizallamiento en soldaduras en ranura o tapón.	F	$150 \times 10^{10}$ Fórmula (3)	8 [55]	Iniciándose en la superficie de contacto, extendiéndose hacia la soldadura	8.4 

8.5 La descripción en 8.5 trata únicamente con detalles sujetos en forma mecánica no relevantes para D1.1.

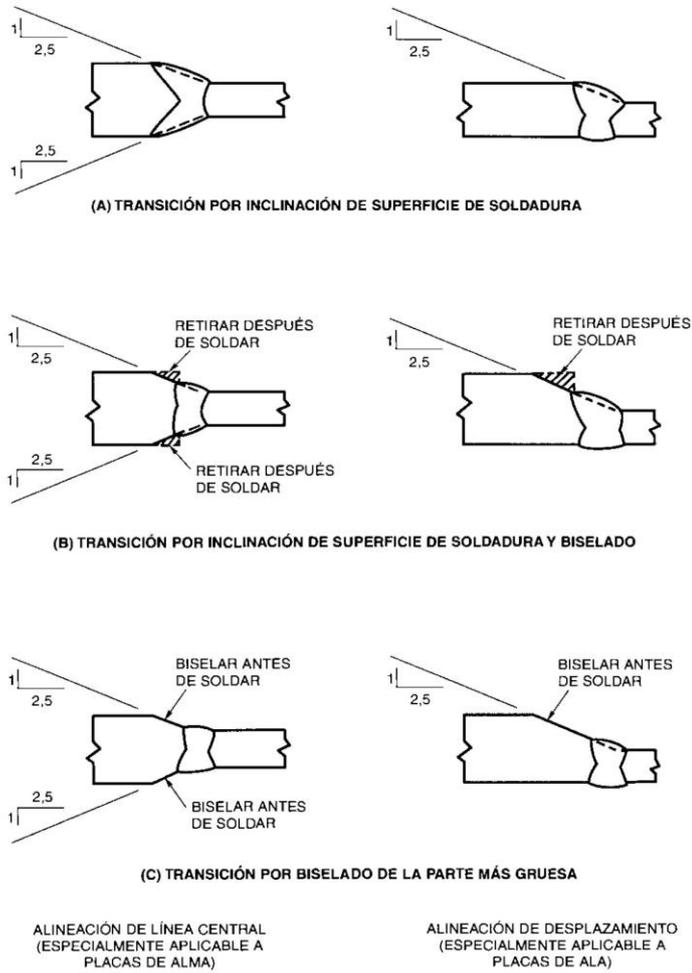
<sup>a</sup> AWS D1.1/D1.1M aborda únicamente los detalles de soldadura. A fin de mantener la consistencia y para facilitar el cruce de referencias con otras especificaciones vigentes, la Sección 2—Material conectado en juntas sujetadas en forma mecánica y la descripción de 8.5 no se utilizan en esta tabla.

<sup>b</sup> Se define "accesorio", tal como se usa en el presente documento, como cualquier detalle de acero soldado a un miembro, que ocasiona una desviación en el flujo de esfuerzo en el miembro y en consecuencia reduce la resistencia a la fatiga. Esta reducción se debe a la presencia del accesorio, no debido a la carga sobre el accesorio.

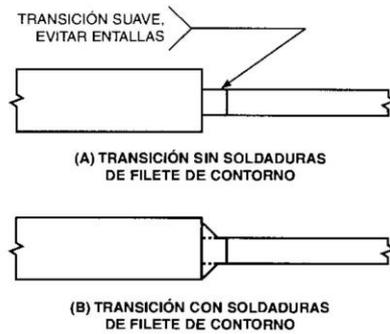
Fuente: Texto adaptado e ilustraciones reimpresas con permiso del American Institute of Steel Construction, Inc. 2015. *Specification for Structural Steel Buildings*, Illinois: American Institute of Steel Construction. *Text and Figures from Table A-3.1.*



**Figura 2.1—Tamaño máximo de la soldadura en filete a lo largo de los bordes de las juntas traslapadas (véase 2.4.2.9)**



**Figura 2.2—Transición de las juntas a tope entre piezas de espesores desiguales (no tubulares cargadas cíclicamente) (véase 2.17.1.1)**

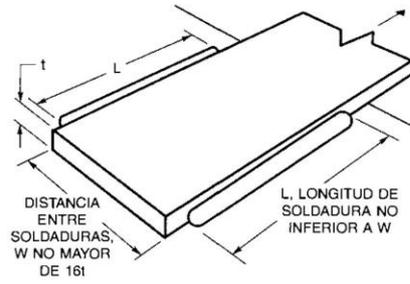


**Figura 2.3—Transición de espesores  
(no tubulares cargadas estáticamente) (véase 2.7.5 y 2.8.1)**

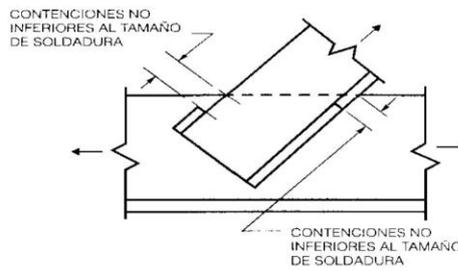


Nota: t = miembro con más espesor, t<sub>1</sub> = miembro más delgado.

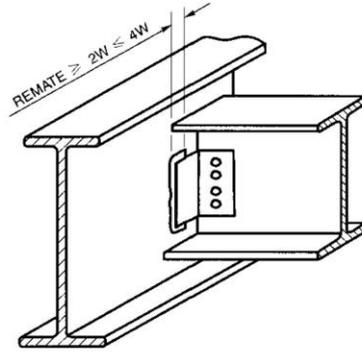
**Figura 2.4—Soldaduras en filete  
cargadas transversalmente (véase 2.9.1.1 y 2.9.1.2)**



**Figura 2.5—Longitud mínima de soldaduras en filete longitudinal en el extremo de la placa o barras planas (véase 2.9.2)**

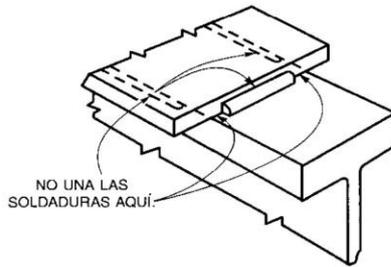


**Figura 2.6—Terminación de soldaduras cerca de bordes sometidos a tracción (véase 2.9.3.2)**

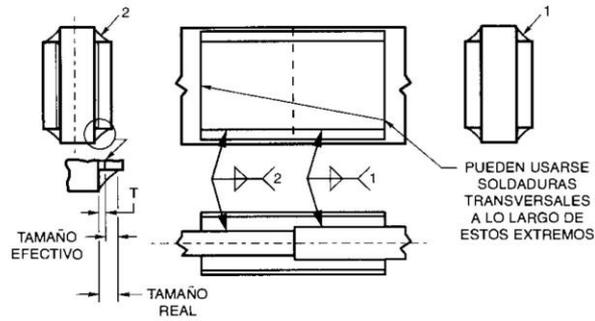


Nota: W = tamaño nominal de la soldadura.

**Figura 2.7—Remate de conexiones flexibles (véase 2.9.3.3)**

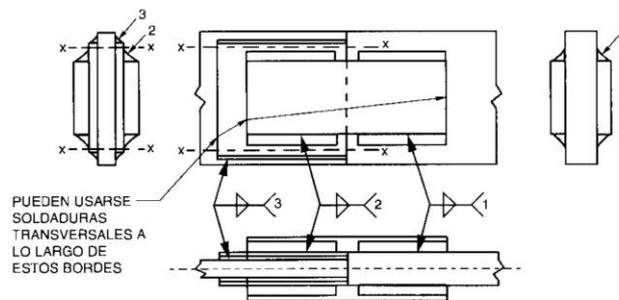


**Figura 2.8—Soldaduras en filete en lados opuestos de un plano común (véase 2.9.3.5)**



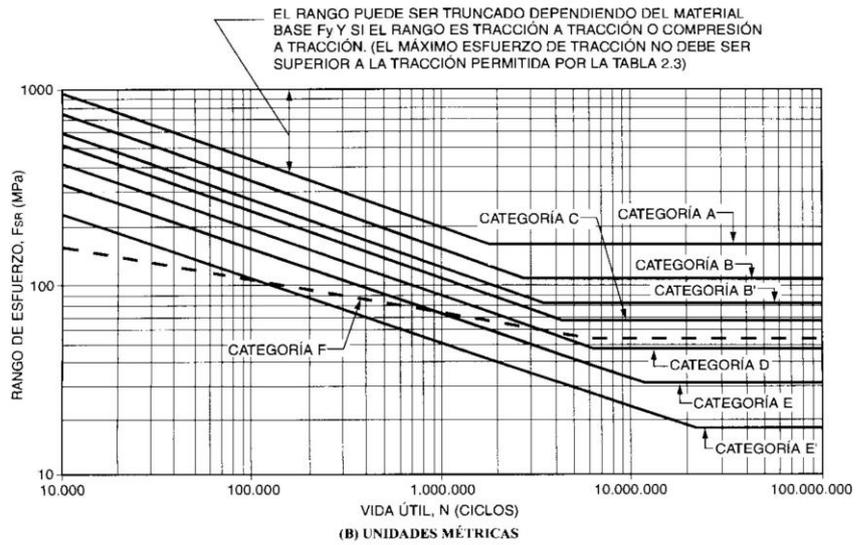
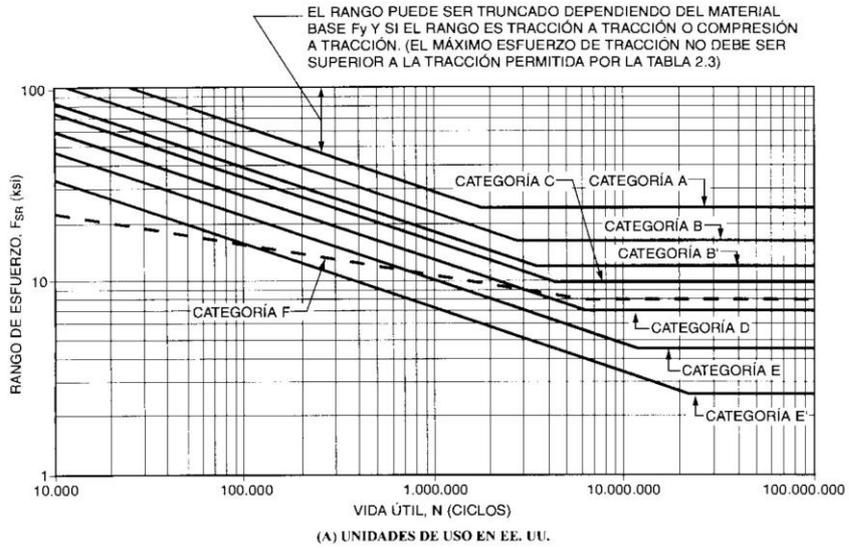
Nota: el área efectiva de la soldadura 2 deberá ser igual al de la soldadura 1, pero su tamaño deberá ser su tamaño efectivo más el espesor de la placa de relleno T.

Figura 2.9—Placas de relleno delgadas en juntas empalmadas (véase 2.11.1)



Nota: las áreas efectivas de las soldaduras 1, 2 y 3 deberán ser adecuadas para transmitir la fuerza de diseño y la longitud de las soldaduras 1 y 2 deberá ser adecuada para evitar el esfuerzo excesivo de cizallamiento de la placa de relleno a lo largo de los planos x-x.

Figura 2.10—Placas de relleno gruesas en juntas empalmadas (véase 2.11.2)



**Figura 2.11—Rango de esfuerzo admisible para carga aplicada cíclicamente (fatiga) en conexiones no tubulares (gráfico de la Tabla 2.5) (véase 2.16.2)**

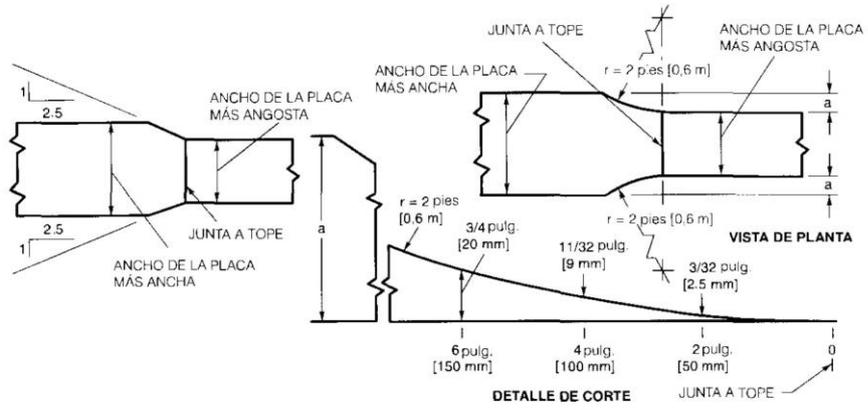


Figura 2.12—Transición de ancho (no tubular cargada cíclicamente) (véase 2.17.1.2)