



**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN**

OSCAR LUCERO MOYA

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

## **Trabajo de Diploma**

**Rediseño y Tecnología de Fabricación del  
Inyector de Oxígeno y Carbono para el Horno de  
Arco Eléctrico de ACINOX - Las Tunas**

**Tutor: M. Sc. Alberto Carballo Peña**

**Autor: Arcel Domínguez Creo**

*Holguín, 2015*

# PENSAMIENTO



*El futuro de nuestra Patria, tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que estamos sembrando: oportunidades a la inteligencia.*

*Fidel Castro Ruz*

# AGRADECIMIENTOS

Es imposible recoger en pocas palabras todos los nombres de las personas y entidades que colaboraron para hacer posible el desarrollo de este proyecto. Pero no puedo dejar de mencionar:

- Al claustro de profesores que han contribuido a mi formación profesional como futuro Ingeniero Mecánico.
- A Yordan Hechavarría Plaza por su incondicional ayuda y dedicación para la realización de este trabajo.
- A Ana Gloria Pérez por su dedicación y paciencia ya que me ha proporcionado gran ayuda en todo el período de mi carrera.
- A Gisela Paredes Paredes por aportarme gran cantidad de información para el desarrollo de este trabajo.
- Al colectivo de trabajadores de la Empresa ACINOX - Las Tunas.
- A todos mis compañeros de carrera.

A todos, muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

- A mi familia, que es y será mi razón de ser.
- A mi pequeño hijo Marco Antonio, que ha sido motivo de inspiración para poder culminar con la carrera y que pueda llegar a ser como o mejor que su padre.
- En especial, a mi madre, la cual ha jugado un papel muy importante en todas las etapas de mi vida.

## **RESUMEN**

El trabajo trata sobre una propuesta de rediseño y tecnología de fabricación de un equipo especial para inyectar oxígeno y carbono en el Horno de Arco Eléctrico de la empresa ACINOX - Las Tunas. En la investigación se realiza una caracterización del proceso de diseño tecnológico para la producción de aceros, específicamente mediante el uso de Hornos de Arco Eléctrico. Se profundiza en la importancia del empleo del equipo Manipulador de Lanzas en el proceso de inyección de oxígeno y carbono; además de analizar sus principales causas de fallo y su incidencia vital en el proceso productivo. Se realiza en el trabajo un análisis económico de la variante para su rediseño; así como la selección de la propuesta más económica y factible. En el trabajo se propone como objetivo general realizar un rediseño y elaborar una tecnología de fabricación del equipo Manipulador de Lanzas, para su posterior fabricación, que pueda integrar las funcionalidades exigidas por las características propias de la entidad, el uso de personal propio y de recursos materiales con que se disponen.

## **SUMMARY**

The aim of this project is to design and manufacture of technology for injecting oxygen and carbon into the Electric Arc Furnace of ACINOX - Las Tunas Company. The research characterizes the technological design process for the production of steel using electric arc furnaces. It is analyzed the importance of using the equipment Handler Spears in the process of injection of oxygen and carbon, as well as the main causes of failure and their effect on the production process. It is performed an economic analysis of several variants of design; and the selection of the most economical and feasible proposal. As a general objective is proposed to carry out a new design and develop of manufacturing technology Manipulator Machinery of Spears, which can integrate the functionality required by the company's own characteristics, for the use of own staff and utilization of material resources that are available.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>7</b>
1.1. Tecnología de producción de aceros.	7
1.1.1. Caracterización histórica de la producción de aceros.	7
1.1.2. Plantas integrales de fundición de acero.	9
1.1.3. Hornos de Arco Eléctrico.	9
1.1.4. Caracterización de la producción de aceros en Cuba.	11
1.2. Manipulador de Lanzas.	13
1.2.1. Principio de funcionamiento.	14
1.2.2. Influencia del oxígeno y carbono dentro del horno.	14
1.2.3. Principales afectaciones del equipo.	16
1.2.4. Criterios analizados para el rediseño.	16
1.2.5. Criterios a tener en cuenta para el rediseño del equipo Manipulador de Lanzas.	17
1.3. Conceptos generales vinculados a los procesos tecnológicos de soldadura.	21
1.3.2. Conocimientos básicos de soldabilidad.	22
1.3.3. Ensamble del Manipulador, apoyándonos en los procesos tecnológicos de soldadura.	24
1.4. Conocimientos básicos sobre los procesos tecnológicos del mecanizado.	26
<b>CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE REDISEÑO Y TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO MANIPULADOR DE LANZAS</b>	<b>33</b>
2.1. Propuesta de rediseño del equipo Manipulador de Lanzas.	33
2.2. Estudios de resistencia mediante el Software de diseño “SolidWorks 2014”, a los principales mecanismos que estarán expuestos a cargas.	33
2.3. Ensamblaje de los mecanismos, utilizando los procesos de soldadura manual por arco eléctrico.	38
2.3.1. Ruta tecnológica a seguir para el ensamble, utilizando los procesos de soldadura manual por arco eléctrico.	42
2.4. Tecnología de fabricación, mediante los procesos tecnológicos del mecanizado.	43

2.4.1. Tecnológica de fabricación para el mecanizado. -----	44
2.5. Valoración Económica.-----	57
2.6. Impacto ambiental. -----	59
2.7. Impacto en la preparación para la defensa. -----	60
<b>BIBLIOGRAFÍA -----</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS -----</b>	<b>67</b>

## **INTRODUCCIÓN**

Muchos estudios sobre la economía de los países miden el desarrollo de los mismos a partir del desarrollo industrial que alcancen. Se ha podido observar que los países que han alcanzado mayor avance en la rama metalúrgica han sido los que han encabezado las principales economías del mundo. Esto se debe a que la metalurgia sienta las bases para el desarrollo industrial de las demás ramas debido a que con su aplicación, se obtienen las principales materias primas y recursos para otras esferas industriales, ya sean automovilística, construcción, naval, aviación, construcción de maquinaria etc. En Cuba, se tiene el privilegio de haber podido incursionar en esta ciencia de la obtención de materiales aleados a partir del hierro y el carbono.

El desarrollo de este trabajo se realiza en la Empresa de Aceros Inoxidables de Las Tunas (ACINOX – Las Tunas), ubicada en una de las zonas industriales más importantes del país, a 4km del centro de la ciudad de Las Tunas, con 125 000 habitantes y capital de la provincia Las Tunas, distante 700km al este de Ciudad de La Habana. Su localización en la región oriental del país, la sitúa en el entorno de las plantas níquelíferas a 130km de Nicaro y 280km de Moa.

La industria siderúrgica cubana, con un historial de más de 40 años en la producción de aceros al carbono y en la fundición de piezas de aceros aleados e inoxidables, logró en 1992 materializar el viejo anhelo de producir aceros inoxidables con la inauguración de esta moderna planta en la provincia Las Tunas, diseñada y suministrada por la firma italiana Danieli s.a.

Esta entidad está dotada de las instalaciones necesarias para producir 150 000 toneladas de aceros inoxidables al año, con niveles de calidad competitivos internacionalmente, constituyendo hoy día el primer eslabón del programa de desarrollo siderúrgico cubano, vinculado con la utilización del níquel cubano (aunque actualmente este no se produce en ACINOX) el país posee la tercera parte de las reservas mundiales de este mineral.

Esta empresa posee, entre sus instalaciones tecnológicas, un Horno de Arco Eléctrico (HAE), uno de los más utilizados en los procesos metalúrgicos a escalas industriales. Los tamaños de estos hornos van de 60 - 130 toneladas de capacidad (utilizado en fundiciones más pequeñas) y de hasta 400 - 600 toneladas (utilizados en las grandes

industrias metalúrgicas), y algunos como los hornos Martin que alcanzan las 900 toneladas. El caso a estudiar es de 60 toneladas y la temperatura alcanzada en su interior es de 1800°C.

Una de las etapas fundamentales dentro del proceso para la obtención de los aceros es la inyección de oxígeno y carbono al metal líquido, con el objetivo de que en los procesos termoquímicos de oxidación y reducción se logre alcanzar la composición química óptima del acero, así como la homogenización de esta en todo el volumen, conforme al pedido del cliente y según las normas internacionales establecidas para la fabricación de aceros. Esta etapa se realiza mediante un equipo auxiliar diseñado especialmente para este trabajo denominado "Manipulador de Lanzas".

Es importante señalar que la tecnología instalada en ACINOX - Las Tunas fue suministrada por la firma italiana Danieli s.a. en el año 1992, y puede considerarse ya obsoleta al evaluar que con el avance tecnológico a nivel mundial en esta rama de la producción de aceros se puede observar que los nuevos tipos de hornos que se utilizan en el mundo ya traen incluido dentro de su estructura un mecanismo que realiza la inyección de oxígeno y carbono, por lo que este equipo (Manipulador de lanza, o Inyector de Oxígeno y Carbono) ya no se fabrica, a menos que sea por un pedido especial como es el caso en cuestión, lo cual traería consigo un elevado costo.

Por lo anteriormente expuesto se puede apreciar que la función que desempeña este equipo es de carácter obligatorio dentro del proceso de fundición en este tipo de horno, como se encuentra fuera de servicio su función tiene que ser desempeñada por los obreros de forma manual y esto tiene consecuencias negativas tanto desde el punto de vista productivo como el aumento del riesgo humano. Durante su explotación presentó una serie de problemas en sus mecanismos al punto de quedar totalmente fuera de servicio, por tanto surge la necesidad de realizar un estudio a partir de sus fallos y elaborar una propuesta de rediseño, basado en las necesidades de la empresa.

Este estudio posibilitará que el país ya no tenga que depender del mercado internacional para la explotación del mismo, lo cual incidirá directamente en una disminución de las importaciones, punto muy importante a tener en cuenta en todo trabajo investigativo.

Por tanto, el presente trabajo da a conocer como **situación Problemática** la ausencia del equipo Manipulador de Lanzas en el proceso de producción de aceros de la empresa ACINOX - Las Tunas.

**Problema de investigación.**

¿Cómo rediseñar un equipo Manipulador de Lanzas basado en sus principales fallos y la elaboración de la tecnología para su fabricación, para aumentar su disponibilidad dentro del proceso de producción de aceros?

**Objeto de estudio.**

El sistema de inyección de oxígeno y carbono en el Horno de Arco Eléctrico de la empresa ACINOX - Las Tunas.

**Campo de acción.**

El equipo Manipulador de Lanzas empleado en el proceso de producción de aceros de la empresa ACINOX - Las Tunas.

**Hipótesis.**

Si se rediseña un equipo de inyección, corrigiendo los fallos en sus mecanismos, entonces se podrá garantizar la tecnología para su fabricación y con ello mejorar el proceso productivo de la empresa ACINOX - Las Tunas.

**Objetivo general.**

Realizar un rediseño y desarrollar la tecnología de fabricación del equipo Manipulador de Lanzas.

**Tareas de investigación:**

- Estudio bibliográfico sobre Metalurgia, Hornos que se utilizan en este proceso, y Equipos Inyección de Oxígeno y Carbono.
- Análisis de los principales fallos del equipo Manipulador de Lanzas y sus causas, en el periodo de trabajo, antes de quedar fuera de servicio.
- Determinación de las principales consecuencias que origina un mal funcionamiento del equipo Manipulador de Lanzas en el periodo de trabajo, antes de quedar fuera de servicio.
- Realizar un rediseño del equipo Manipulador de Lanzas, reutilizando piezas del Manipulador que se encuentra fuera de servicio.

- Elaborar una tecnología de fabricación para el rediseño del equipo Manipulador de Lanzas.
- Evaluación técnico-económica, medioambiental y para la defensa de la propuesta de rediseño del equipo Manipulador de Lanzas, con su tecnología de fabricación.

Para la realización de esta investigación, el autor se apoya en algunos métodos científicos, los cuales se relacionan a continuación:

### **Métodos investigación.**

#### **Empíricos:**

- Método de observación: En las observaciones del área donde trabajaba este equipo se pudo ver que el proceso se realiza manualmente, provocando una desaceleración en el proceso productivo de la empresa, poniendo en riesgo vidas humanas, donde se hace un esfuerzo sobrenatural para obtener la calidad requerida del acero (Fuente: Autor).
- Método de consulta de expertos: Durante la consulta con expertos del área de elaboración de la empresa, se entrevistaron a los ingenieros de mantenimiento, especialistas de compra de piezas de repuesto, y las bases de datos que registran las estadísticas del funcionamiento del equipo (Fuente: Autor).
- Método de medición: Se tomaron todas las medidas correspondientes de cada elemento del equipo usando los instrumentos específicos así como cintas métricas para las mayores longitudes y de menos precisión, pie de rey para medidas más precisas, micrómetros para superficies de alta precisión y galgas para las roscas; obteniendo todas las medidas necesarias para la nueva propuesta de diseño (Fuente: Autor).

#### **Teóricos:**

- Análisis y síntesis: Se realizó un análisis en el campo de acción donde trabaja el equipo Manipulador de Lanzas, evaluando las principales fallas de este para corregirlas en el rediseño. Se consultó la bibliografía relacionada con el tema o de similar características.
- Método histórico-lógico: Aquí se comprenden las condiciones que determinan el estado actual del problema que se investiga. (Fuente: Autor).

### **Resultados esperados.**

Con este trabajo se espera que a partir de la propuesta de rediseño y desarrollo de la tecnología para la fabricación del equipo Manipulador de Lanzas de la empresa ACINOX - Las Tunas, se pongan en manos de la fábrica los elementos pertinentes para la fabricación del equipo Manipulador de Lanzas, ya que dicho equipo es de vital importancia dentro del proceso productivo de la empresa.

## **CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Tecnología de producción de aceros.**

#### **1.1.1. Caracterización histórica de la producción de aceros.**

Aunque no se tienen datos precisos de la fecha en la que se descubrió la técnica de fundir mineral de hierro para producir un metal susceptible de ser utilizado, los primeros utensilios de este metal descubiertos por los arqueólogos en Egipto datan del año 3000 a.C. También se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. (Fuente: Preston, 1991).

Se puede sintetizar que en la tecnología de producción de aceros, ha seguido un tránsito evolutivo a partir de los hornos utilizados:

- Hornos artesanales de pequeño tamaño: (hasta el siglo XIV d.C.). Usados para producir aleaciones a partir del calentamiento de una masa de mineral de hierro y carbón vegetal.
- Altos Hornos: (posteriores al siglo XIV d.C.). Hornos de mayor tamaño donde el mineral de hierro de la parte superior se reduce a hierro metálico y absorbe más carbono como resultado de los gases que lo atraviesan. Se obtiene arrabio, el cual se refina para fabricar acero.
- Hornos de Crisol Abierto: (1740). Funcionan a altas temperaturas gracias al precalentado regenerativo del combustible gaseoso y el aire empleados para la combustión. Desde el punto de vista químico, se reduce por oxidación el contenido de carbono de la carga y se eliminan impurezas como silicio, fósforo, manganeso y azufre, que se combinan con la caliza y forman la escoria. Cuando el contenido en carbono de la fundición alcanza el nivel deseado, se sangra el horno a través de un orificio situado en la parte trasera. El acero fundido fluye por un canal corto hasta una gran cuchara situada a ras de suelo, por debajo del horno. Desde la cuchara se vierte el acero en moldes de hierro colado para formar lingotes.
- Hornos Bessemer: (1855). Emplea un horno de gran altura en forma de pera, que podía inclinarse en sentido lateral para la carga y el vertido. Al hacer pasar

grandes cantidades de aire a través del metal fundido, el oxígeno del aire se combinaba químicamente con las impurezas y las eliminaba.

El primer horno de arco eléctrico se desarrolló por el francés Paúl Héroult, con una planta comercial establecida en EEUU en 1907. En principio, el acero obtenido por horno eléctrico era un producto especial para la fabricación de máquinas herramientas y de acero resorte. También se utilizaron para preparar carburo de calcio para las lámparas de carburo.

En el siglo XIX, el horno de arco eléctrico se empezó a emplear en la fundición de hierro. Sir Humphry Davy llevó a cabo una demostración experimental del horno en 1810; el método de soldadura por arco eléctrico fue investigado por Pepys en 1815; Pinchón intentó crear un horno electro térmico en 1853; y, en 1878 - 79, Sir William Siemens patentó el horno de arco eléctrico. El horno eléctrico de Stessano era un horno de arco que rotaba para mezclar la colada.

Los hornos de arco eléctrico fueron utilizados en la Segunda Guerra Mundial para la producción de aleaciones de acero, fue después cuando la fabricación de acero por este método comenzó a expandirse. El bajo coste en relación a su capacidad de producción permitió establecer nuevas acerías en Europa en la posguerra, y también permitió competir en bajo coste con los grandes fabricantes de Estados Unidos, tales como Bethlehem Steele y U.S. Steele, con productos de viguería, embarrados, cables y laminados para el mercado estadounidense. Cuando Nucor, que ahora es uno de los mayores productores de acero de los Estados Unidos, decidió entrar en el mercado de aceros alargados en 1969, comenzaron con una acería pequeña, en cuyo interior se encontraba el horno de arco eléctrico, y que pronto le siguieron otros fabricantes.

En 1987, la compañía Nucor tomó la decisión de expandir su negocio en el mercado de productos laminados, utilizando para ello el horno de arco eléctrico. El hecho de que un horno de arco eléctrico use acero procedente de chatarra como materia prima tiene un impacto en la calidad de un producto laminado, debido al control de calidad limitado sobre las impurezas que contienen un acero procedente de chatarra.

### 1.1.2. Plantas integrales de fundición de acero.

Una planta integral tiene todas las instalaciones necesarias para la producción de acero en diferentes formatos.

- Hornos de coque: obtener del carbón o coque y gas.
- Altos Hornos: convertir el mineral en hierro fundido.
- Acería: conversión del hierro fundido o el arrabio en acero.

### 1.1.3. Hornos de Arco Eléctrico.

El calor para fundir y refinar el acero procede de la electricidad y no de la combustión de gas. Como las condiciones de refinado de estos hornos se pueden regular más estrictamente que las de los hornos de crisol abierto o los hornos básicos de oxígeno, los hornos eléctricos son sobre todo útiles para producir acero inoxidable y aceros aleados que deben ser fabricados según unas especificaciones muy exigentes. El refinado se produce en una cámara hermética, donde la temperatura y otras condiciones se controlan de forma rigurosa mediante dispositivos automáticos. En las primeras fases de este proceso de refinado se inyecta oxígeno de alta pureza a través de una lanza, lo que aumenta la temperatura del horno y disminuye el tiempo necesario para producir el acero. A continuación se muestra un esquema simplificado de un HAE.

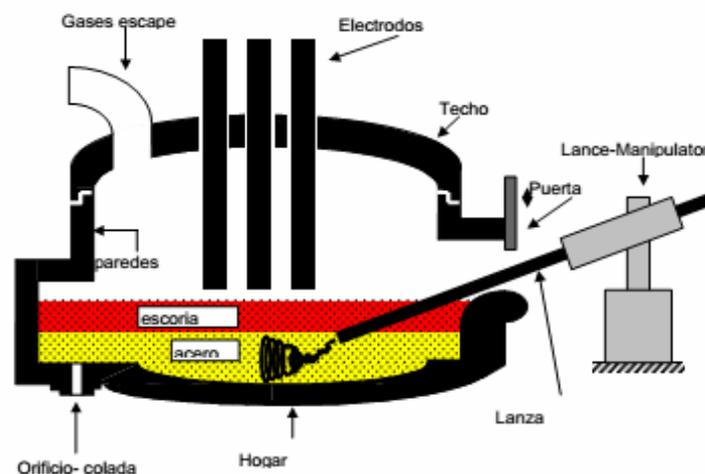


Figura1.1.Esquema de horno de arco eléctrico. (Fuente: Rosa Rivero, 2005).

## Ventajas e inconvenientes frente al alto horno convencional.

### **Ventajas.**

- Alta pureza.
- Gran eficiencia térmica.
- Se puede controlar la temperatura dentro de intervalos muy precisos.

### **Inconvenientes.**

- Producción en menor escala que el Alto Horno.
- Posibilidad de contaminar el acero con elementos residuales de la chatarra.
- Elevado consumo eléctrico.

### **Datos técnicos.**

- Para 250 toneladas se usan aproximadamente 60 MW.
- Para una carga entre 150-180 toneladas métricas se usan aproximadamente 40 MW.
- Para una carga de 10 toneladas se usan aproximadamente 35 MW. (Fuente: Rosa Rivero, 2005).

### **Funcionamiento del HAE.**

La carga del horno eléctrico está constituida de chatarra principalmente. En el baño se lleva a cabo una reacción de oxidación – reducción (proceso redox). Durante la fusión oxidante se elimina el fósforo y durante la reductora el óxido de hierro disuelto en el baño y el azufre. Controlar el tipo de atmósfera en el baño es fácil. El calor se encuentra en la parte superior de la carga, siendo necesario en general usar bobinas electromagnéticas a fin de inducir a una agitación en el recipiente para que el material más frío del fondo alcance la parte superior igualándose de esta forma la temperatura y la composición química. Para generar escoria se añade cal, caliza, etc. El contenido en nitrógeno suele ser elevado debido a las altas temperaturas generadas inmediatamente por debajo de los electrodos (3500°C) aunque se mantiene a un nivel aceptable para la mayoría de los aceros. Las ferro aleaciones se añaden tanto al horno eléctrico como al horno cuchara, siendo este proceso el más adecuado para la fabricación de los aceros especiales. Aunque a veces pueden surgir problemas con el carbono desprendido de los electrodos de alta pureza,

cocidos al vacío y de alta conductividad. Sus tamaños son de 20-75 cm. de diámetro y 1,5 - 3 m de longitud. Según se van quemando se va añadiendo nuevo electrodo a su extremo opuesto. El arco opera de forma similar sobre una masa fría de chatarra o sobre la superficie del metal líquido. Este hecho y la facilidad de carga del recipiente le convierten en el sistema idóneo para fundir chatarra de baja densidad tales como carrocerías compactas de coches o virutas y desechos procedentes de tornos y talleres mecánicos. (Fuente: Preston, 1991)

#### **1.1.4. Caracterización de la producción de aceros en Cuba.**

La industria siderúrgica cubana, con un historial de más de 50 años en la producción de aceros al carbono y en la fundición de piezas de aceros aleados e inoxidables, logró en enero de 1991 producir aceros inoxidables con la creación de La Empresa de Aceros Inoxidables de Las Tunas (ACINOX - Las Tunas). Esta moderna planta fue constituida en 1990, diseñada y suministrada por la firma italiana Danieli s.a, perteneciente al Ministerio de Industrias, integrada al Órgano Superior de Dirección Estatal Grupo Empresarial de La Sideromecánica. La empresa está ubicada en la circunvalación norte km 3 1/2 Zona Industrial de Las Tunas, está dotada de las instalaciones necesarias para producir cualquier tipo de acero inoxidable, al carbono o aleados. (Fuente: Velázquez, 2014).

La producción fundamental de la empresa es la fabricación de planchones y palanquillas de acero inoxidable y al carbono de calidad, obtenidas mediante colada continua en la división de acería, así como la fabricación de barras de diversos perfiles en la división de laminación, cuyas producciones se destinan a la exportación y al consumo nacional.

Esta industria representa para la provincia y el país una importante vía de ingresos en moneda libremente convertible, ya que su producción se comercializa en el área de Centroamérica y el Caribe, Europa y China.

Su objeto social empresarial es producir y comercializar palanquillas de acero al carbono, barras lisas y corrugadas, perfiles, laminados, alambón y sus subproductos. Donde la empresa ACINOX - Las Tunas emplea un proceso de producción de aceros para Horno de Arco Eléctrico.

## Principales instalaciones de ACINOX.

- Horno de Arco Eléctrico, caracterizado por una capacidad nominal de 60 toneladas de acero líquido y diseñado para el vertido por piqueta a la cuchara (recipiente en forma de cazuela donde se procesa y transporta el acero a través del resto del proceso tecnológico). Cuenta con sistema de extracción de gases y de adición de ferro aleaciones con control automático. Sus paneles en la cuba y bóveda son enfriados con agua. La función básica de este equipo es derretir la carga metálica y entregar el acero líquido en las condiciones que exige el proceso para el horno cuchara y su funcionamiento es controlado por autómatas programables. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Horno Cuchara: Este equipo está diseñado para el tratamiento de 60 toneladas de acero líquido, la bóveda y el sistema de extracción de gases están contruidos de paneles enfriados con agua, su función es lograr el ajuste de la temperatura y composición química del acero, cuenta con sistema automatizado de adición de ferro aleaciones y su funcionamiento es controlado por autómatas programables. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Sistema de Descarburización al Vacío (VOD): En este equipo se lleva a cabo el ajuste final y más preciso de la composición química del acero, cuenta con sistemas para el insuflado de gases y adición de ferro aleaciones, su funcionamiento es controlado por autómatas programables. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Instalación de Vaciado Continuo (IVC): Su objetivo es garantizar el vaciado y solidificación del acero en forma de planchones y palanquillas, con las exigencias de calidad requeridas, cuenta con sistema de enfriamiento por agua y su funcionamiento es controlado por autómatas programables. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Planta de Fraccionamiento de Aire: En esta planta se producen los gases (oxígeno, nitrógeno y argón) que posteriormente se insuflan en el acero líquido, para lograr las reacciones químicas que garantizan en ajuste de la composición química del mismo. (Fuente: Velázquez, 2014).

- Planta de Tratamiento de Agua: Destinada al tratamiento y posterior suministro de agua a las instalaciones industriales de enfriamiento de la acería, contando para ello con descarbonadores, desmineralizadores, bombas, tanques elevados y cisternas. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Estación de Gas Licuado de Petróleo (LPG): Permite el almacenamiento y suministro del LPG que combinado con el oxígeno garantiza el corte de los planchones. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Estación de Fuel Oil: Destinada al almacenamiento y suministro del combustible para los quemadores que participan en el proceso, por ejemplo: los de las estaciones de calentamiento de la cuchara. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Planta de Depuración de Humos: Su función principal es garantizar el depurado de los humos generados en el proceso de fabricación del acero antes de ser expulsados a la atmósfera, cuenta con sistemas de filtros y equipos para la recolección del hollín. (Fuente: Velázquez, 2014).
- Planta de Oxido de Calcio: Destinada a la producción de oxido de calcio, que posteriormente se añade al acero líquido para mantener la basicidad (protegiendo el refractario) y garantizando la formación de escoria por reacciones de desulfuración y desfosforación que tienen lugar en el interior del baño de acero líquido. (Fuente: Velázquez, 2014).

## **1.2. Manipulador de Lanzas.**

Según refiere Moreira en “Especificaciones del diseño tecnológico en el Horno de Arco Eléctrico”, la acería tiene por objetivo reducir el alto contenido de carbono a través del proceso de mejoras del grano del acero. Al fundir el mineral se persigue eliminar las impurezas como azufre y fósforo, al mismo tiempo que algunos elementos como manganeso, níquel, cromo o vanadio son añadidos en forma de ferro - aleaciones para producir el tipo de acero requerido.

En este proceso de mejora del grano del acero, se destacan las siguientes etapas:

- Oxidación. Es la etapa donde se obtienen los porcentos de carbono y fósforo dentro de la norma establecida y además se eliminan parte de los gases.

- Reducción. Es la etapa donde se obtienen los porcentos de silicio, manganeso y azufre dentro de la norma establecida además de garantizar la temperatura de vertido.

En estas etapas se realiza la inyección de oxígeno y carbono con ayuda del equipo denominado Manipulador de Lanza (Lance Manipulador), mostrado en la siguiente figura 1.2.



Figura1.2. Manipulador de Lanzas (Fuente: Rosa Rivero, 2005)

### **1.2.1. Principio de funcionamiento.**

En la posición de trabajo, frente a la ventana de trabajo del HAE, sobre la plataforma de trabajo, se puede introducir lanzas consumibles en distintos ángulos de inclinación y distinta orientación horizontal en el baño de acero, a través de la ventana de trabajo del horno apropiadamente abierta. Acorde con la posición de orientación horizontal de las tres unidades de accionamiento (dos de oxígeno y una de carbono), se pueden ejecutar de forma sincronizada diferentes operaciones de soplado. El caudal del medio (cantidades y presión) es controlado mediante soportes coordinados por un control eléctrico (Fuente: Grupo de Control de la Calidad ACINOX, 2000)

### **1.2.2. Influencia del oxígeno y carbono dentro del horno.**

Los óxidos de carbono inducen un burbujeo dentro del baño de acero, el cual aumenta el área de reacción entre el acero y la escoria que se forma en la superficie

del baño. Al mismo tiempo se forma una escoria espumante que recubre el arco eléctrico, lo cual incrementa la eficiencia de la transferencia de calor en el baño líquido y al mismo tiempo reduce el desgaste de las paredes del horno. El desgaste es una consecuencia de la radiación que actúa sobre los paneles de enfriamiento.

A través del proceso de espumar la escoria, la mayor cantidad de ésta fluye hacia el exterior del horno a través de la puerta de la escoria. A pesar de que hay otros procesos para eliminarla, en ACINOX - Las Tunas y en la mayoría de las plantas siderúrgicas, el horno tiene que ser inclinado en un ángulo específico para llevar a cabo la remoción. En ese momento se toma una muestra del acero. Si se cumplen todos los requerimientos, se procede a realizar una medición de la temperatura. El vaciado del horno se realiza a una temperatura de 1620°C (Fuente: Grupo de Control de La Calidad ACINOX, 2000).

### **Lanzas de oxígeno y carbono.**

Las lanzas de oxígeno permiten la inyección de oxígeno directamente en el horno, lo cual incide directamente en un notable aumento de la temperatura del horno, una reducción del tiempo de fusión y una aceleración del proceso de descarburación y refinado del acero.

El sistema completo está constituido por una central de control de fluidos, el manipulador para el avance de las lanzas usa tubos flexibles para la alimentación de las mismas, que son enfriadas con agua, según los requisitos del proceso de fusión.

Las lanzas de insuflado de oxígeno se emparejan con una lanza paralela por inyección de carbono, con el fin de permitir tanto el aumento de la temperatura del horno como la producción de escoria espumosa. (Fuente: Grupo de Control de La Calidad ACINOX, 2000).

### **Inyección distribuida de Oxígeno y Carbono.**

El concepto fundamental detrás de estos sistemas es:

- Realizar inyecciones distribuidas para facilitar el equilibrio térmico en el horno, generar rápidamente la escoria y mantenerla.
- Poder disponer de llamas modulables según la fase de fusión de la cesta, calentamiento de la carga, corte de la chatarra y penetración del oxígeno en el baño. (Fuente: Moreira, 2014)

### 1.2.3. Principales afectaciones del equipo.

La siguiente figura 1.3 muestra las principales afectaciones del equipo Manipulador de Lanzas a la producción antes de quedar fuera de servicio, por la rotura del rodamiento de giro de la columna principal.

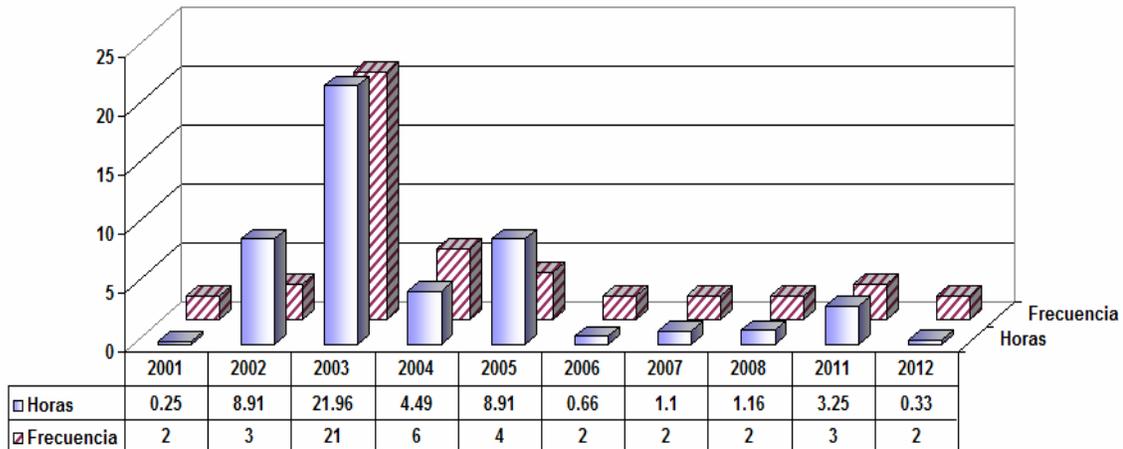


Figura 1.3. Datos de Afectaciones a la producción del Manipulador de Lanzas  
(Fuente: Grupo de Control de la Calidad ACINOX, 2000).

### 1.2.4. Criterios analizados para el rediseño.

Es importante centrarse en la idea que abarca la palabra diseño. Utilizado habitualmente en el contexto de las artes, ingeniería, arquitectura y otras disciplinas creativas, diseño se define como el proceso previo de configuración mental, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Plasmar el pensamiento de la solución mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes, durante o posterior a un proceso de observación de alternativas o investigación.

El proceso de diseñar, suele implicar las siguientes fases:

1. Observar y analizar el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.
2. Planear y proyectar, proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas, tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de las soluciones.

Estos tres actos, se van haciendo uno tras otro, y a veces continuamente. Algunos teóricos del diseño no ven una jerarquización tan clara, ya que estos actos aparecen una y otra vez en el proceso de diseño.

Hoy por hoy, y debido al mejoramiento del trabajo del diseñador (gracias a mejores procesos de producción y recursos informáticos), podemos destacar otro acto fundamental en el proceso:

4. Evaluar, ya que es necesario saber cuando el diseño está finalizado. (Fuente: Moholy-Nagy, 1895 – 1946).

#### Principios del Diseño

1. Igualdad de uso: El diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas independientemente de sus capacidades y habilidades.
2. Flexibilidad: El diseño debe poder adecuarse a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
3. Simple e intuitivo: El diseño debe ser fácil de entender independientemente de la experiencia, los conocimientos, las habilidades o el nivel de concentración del usuario.
4. Información fácil de percibir: El diseño debe ser capaz de intercambiar información con el usuario, independientemente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del mismo.
5. Tolerante a errores: El diseño debe minimizar las acciones accidentales o fortuitas que puedan tener consecuencias fatales o no deseadas.
6. Escaso esfuerzo físico: El diseño debe poder ser usado eficazmente y con el mínimo esfuerzo posible.
7. Dimensiones apropiadas: Los tamaños y espacios deben ser apropiados para el alcance, manipulación y uso por parte del usuario, independientemente de su tamaño, posición, y movilidad.

#### **1.2.5. Criterios a tener en cuenta para el rediseño del equipo Manipulador de Lanzas.**

- Es de carácter obligatorio dentro del proceso productivo.

- Actualmente su función es desempeñada manualmente por los obreros.
- Provoca consecuencias negativas tanto en la producción como un aumento del riesgo humano.
- Es importante señalar, que debido a que el país es bloqueado económicamente, no se dispone del capital necesario para la adquisición de un equipo nuevo. Como se menciona anteriormente, estos equipos se fabrican por pedidos específicos, considérese que su precio de adquisición fue 34615,00 MN y 313135,60 USD y en la actualidad sería más elevado.

Luego de haber realizado un estudio de las principales afectaciones del equipo Manipulador de Lanzas en su etapa de servicio, se observó que dentro de sus mecanismos, el que más fallos presentaba era el sistema de desplazamiento por giro, situado en la columna principal del Manipulador, trayendo un gran número de interrupciones al proceso productivo, fundamentalmente ocasionadas por roturas del Rodamiento Especial de tipo Rolix.

En este punto, se puede observar algunas de las cargas a que está sometido el mecanismo de giro de la columna principal, tales como el momento flector que actúa sobre el rodamiento, como se señala en el círculo representado en la figura 1.4, así como las longitudes principales y la fuerza que actúa sobre la columna principal del equipo. Se observa gran cantidad de datos necesarios a tener en cuenta para el rediseño y el autor se apoya en los planos principales del equipo Manipulador de Lanzas.

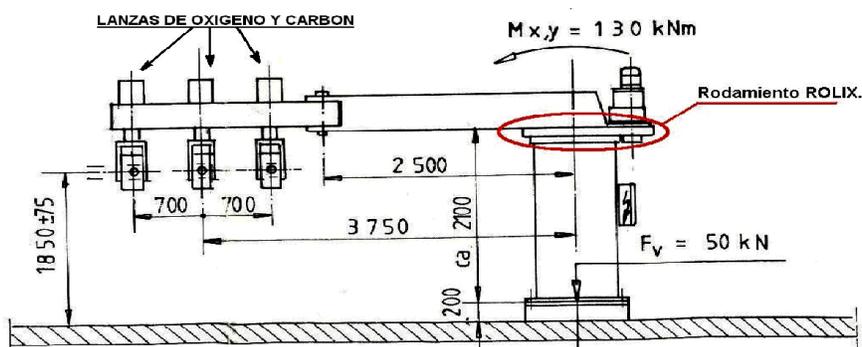


Figura 1.4 Plano de Manipulador de Lanzas (Fuente: Grupo de Ingeniería de Mantenimiento).

Al estudiar las diferentes cargas, tanto las radiales como las axiales a las que está expuesto durante su trabajo, se determinó que éstas son superiores a las cargas permisibles, ya que todos los rodamientos que se utilizaron de recambio en la columna principal, partían por el mismo lado y con síntomas similares. Sumando a esto el ambiente en el que se encuentra este equipo que es altamente agresivo, se llegó a la decisión de realizar un rediseño que este eliminaría el movimiento de giro, e incorporar otros mecanismos, que asuman esa función. Y así eliminar las importaciones del rodamiento de la columna principal del equipo Manipulador de Lanzas. Al realizar un pequeño estudio del mercado que ofrece este tipo de pieza, se observó que los precios son elevados debido a que el tipo de rodamiento que se necesita para la puesta en marcha del equipo Manipulador de Lanzas es de tipo especial que ya no se fabrica por lotes sino por pedido específico, lo cual encarece su valor adquisitivo. En el Anexo 1 se muestra una de las ofertas recibidas de la firma Brinkmann, fabricante de elementos mecánicos similares a este tipo, en la cual se puede observar el elevado precio y el periodo de tiempo que demoraría su entrega. Teniendo en cuenta la gestión comercial desde el exterior para la adquisición del rodamiento especial de giro de la columna del manipulador de tipo **Rolix** con Ø Ext. Dentado Z=117 y considerando que su valor en moneda extranjera es de 3 360.00 €. Sumado a esto se valoró la posibilidad de fabricación del nuevo rediseño mediante un estudio de existencia de los recursos y personal calificado de la empresa ACINOX - Las Tunas, verificando la existencia de estos requisitos necesarios para la fabricación del nuevo rediseño (Fuente: Grupo de Control de La Calidad ACINOX, 2000).

#### Estudio de las dimensiones del área de trabajo del equipo Manipulador de Lanzas.

En este punto se analiza el espacio con que se cuenta en el área de trabajo donde se explotará el equipo Manipulador de Lanzas, lo que permite delimitar las dimensiones y los recorridos de trabajo del manipulador.

A partir de consultar la documentación técnica del equipo Manipulador de Lanzas (Fuente: Grupo de Ingeniería de Mantenimiento, 2014), se estudiaron los planos del manipulador y del área de elaboración frente al Horno de Arco Eléctrico (Ver Figuras

1.5 y 1.6) y se determinaron las principales dimensiones: desplazamiento máximo como avance del mecanismo porta lanza y el mecanismo de elevación de las lanzas, aspectos de carácter fundamental a tener en cuenta para el rediseño.

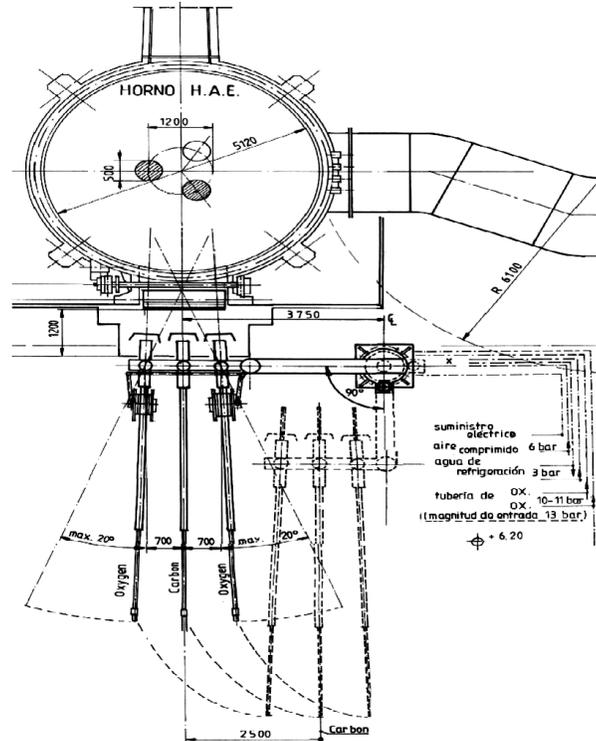


Figura 1.5. Vista superior de la posición del Manipulador respecto al HAE. (Fuente: Grupo de Ingeniería de Mantenimiento).

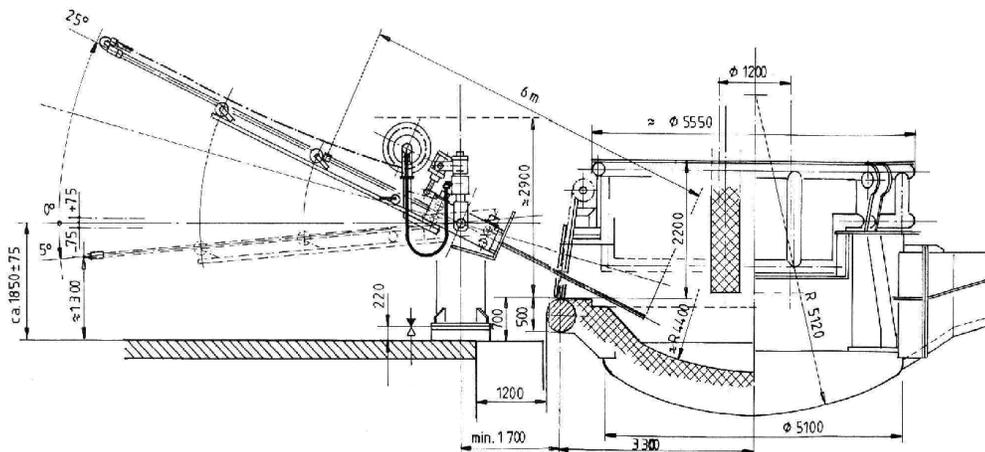


Figura 1.6. Vista lateral de la posición del Manipulador respecto al HAE. (Fuente: Grupo de Ingeniería de Mantenimiento).

### **1.3. Conceptos generales vinculados a los procesos tecnológicos de soldadura.**

Para adentrarse en el desarrollo de tecnologías de soldadura por arco eléctrico es necesario retomar algunos conceptos básicos empleados en el campo de los procesos tecnológicos de soldadura (Fuente: Alpizar, 2003). Dentro de ellos se encuentran:

Soldadura: Es un conjunto de procesos tecnológicos en los cuales se logra la unión in desarmable de dos o más piezas unidas con la ayuda del calor o presión concentrados en las cuales se pueden utilizar, o no, metal de aporte que puede ser de la misma o diferente composición química que la del metal base.

Soldeo: Es la acción mediante la cual se llevan a cabo los procesos de soldadura.

Unión Soldada: Es la unión in desarmable de dos o más piezas obtenidas como resultado de la acción de soldar.

Costura: Es el metal líquido que después de la solidificación compone la zona fundida de la unión soldada.

Cordón: Es el metal líquido que se deposita en una sola pasada y que al solidificarse pasa a formar parte de la costura. Una costura puede estar formada por uno o varios cordones.

Metal Base: Es el metal base de las piezas que se van a unir por soldadura.

Material de Aporte: Material que se funde y se suministra a la zona de los bordes de soldadura que, a su vez se suministra durante el proceso de soldeo y que formará parte de la costura.

Bordes de soldadura: Son las superficies del metal bases preparadas o no, donde se realiza la soldadura. Pueden tener preparación de bordes o no.

Junta: Disposición espacial o forma de una unión soldada.

En la figura 1.7 se muestran los diferentes tipos de uniones soldadas: a) A tope. b) En ángulo. c) En T. d) A solape

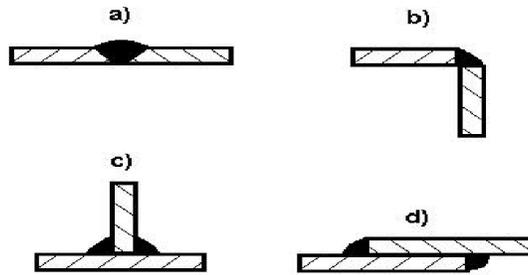


Figura 1.7 (Fuente: Alpizar, 2003).

### 1.3.1. Factores que influyen en la forma y dimensiones de la zona de influencia térmica.

1. Naturaleza y espesor del metal base.
2. Proceso de soldadura utilizado.
3. Intensidad de la corriente eléctrica.
4. Velocidad de soldadura y uniformidad de la misma.
5. Método de soldeo.
6. Tamaño de la boquilla.

### 1.3.2. Conocimientos básicos de soldabilidad.

La soldabilidad es la capacidad que tienen los metales o los materiales de la misma o diferente naturaleza de ser unidos de forma irremovible mediante procesos de soldadura, sin presentar transformaciones estructurales o físico – químicas perjudiciales, tensiones o deformaciones, defectos, etcétera.

La soldabilidad de un material encierra tres aspectos bajo los cuáles queda dividida su definición.

1. Soldabilidad metalúrgica: Es la capacidad de los metales de ser unidos mediante procesos de soldadura sin presentar transformaciones estructurales o variaciones en su composición química que afecten sus propiedades mecánicas o químicas.
2. Soldabilidad operatoria: Responde a la operación de soldadura en sí; por ejemplo: Si un metal o su óxido presentan una temperatura de fusión muy alta con respecto a la del proceso de soldadura O. A., no se podrá obtener una buena unión soldada con este tipo de proceso.

3. Soldabilidad Constructiva: Conciernen a las propiedades físicas del material, tales como la dilatación térmica, que provocan tensiones o deformaciones, las cuales pueden originar el agrietamiento de la unión soldada.

Se considera que un material tiene buena soldabilidad cuando cumple con los tres aspectos anteriores; soldabilidad regular o condicionada cuando no cumple con alguno, pero por medio de soluciones tecnológicas se puede obtener una unión soldada de calidad, y mala soldabilidad cuando los aspectos anteriores no se pueden resolver para la obtención de una unión in desarmable con buenas propiedades mecánicas y químicas.

#### Factores que influyen en la soldabilidad.

1. Proceso de soldadura (tipo, régimen de soldadura, etc.)
2. Naturaleza del metal base antes de ser soldado.
3. Elementos de aleación que se introducen en la unión durante el proceso.
4. Velocidad de enfriamiento (energía suministrada y precalentamiento).
5. Espesor del metal base y tipo de unión soldada.
6. Características térmicas del metal base.

#### Factores de riesgo en la soldadura por arco eléctrico manual.

1. Afectaciones por la corriente eléctrica.
2. Afectaciones de la vista o la piel por la radiación ultravioleta.
3. Aspiración de gases nocivos.
4. Peligro de incendios y quemaduras.
5. Golpes y traumas durante las operaciones preliminares de montaje y ensamblaje.

#### Medidas de seguridad en la soldadura por arco eléctrico manual.

1. Mantener los equipos conectados a tierra.
2. Emplear cables y tenazas adecuadamente aislados.
3. Usar los medios de protección personal (careta, guantes, peto, polainas, mangas, casco).
4. Utilizar cristales filtros en las caretas.
5. Utilizar cortinas, mamparas y tabiques.

6. Utilizar un sistema de ventilación adecuado.

### **1.3.3. Ensamble del Manipulador, apoyándonos en los procesos tecnológicos de soldadura.**

#### 1- Análisis preliminar de las condiciones del taller.

El análisis preliminar debe contemplar:

- ✓ Dimensiones geométricas de la pieza.
- ✓ Equipos de izaje y transporte.
- ✓ Equipos de corte a gas, plasma o mecánico.
- ✓ Máquinas para realizar la preparación de borde.
- ✓ Equipos de limpieza (sandblasting, granalladoras, cepillos mecánicos, etc.).
- ✓ Instalaciones para aplicar precalentamiento o tratamiento térmico.
- ✓ Máquinas de soldadura (transformadores, rectificadores, generadores, etc.).
- ✓ Equipos auxiliares de soldadura (posicionadores, volteadores, etc.)

#### 2- Análisis del metal base.

Debe contemplar:

- ✓ Composición química del metal base.
- ✓ Análisis de soldabilidad metalúrgica. En el caso de los aceros valorar la necesidad de la aplicación del precalentamiento.
- ✓ Propiedades mecánicas del metal base (dureza, resistencia mecánica, resistencia al desgaste, etc.)
- ✓ Propiedades tecnológicas (soldabilidad, maquinabilidad, etc.)

#### 3. Selección de la preparación de bordes.

- ✓ Se realiza de acuerdo a la NC 08 – 06: 82 u otro código de soldadura definido en normas internacionales.

#### 4. Selección del electrodo de soldadura.

Debe contemplar:

- ✓ Composición química del metal base y el electrodo.

- ✓ Propiedades mecánicas; como son, (resistencia a la rotura (sr), resistencia a la fatiga (s f), diámetro (d), y, dureza (HB).
- ✓ Posición de soldadura.
- ✓ Diámetro recomendado para el espesor.
- ✓ Criterio Económico.

5. Cálculo de la temperatura de precalentamiento (Fuente: Daniel Seferian, 2003).

El precalentamiento de las uniones soldadas, el cuál disminuye la velocidad de enfriamiento, es la recomendación más eficiente para evitar el agrietamiento en las zonas fundida y de influencia térmica. El precalentamiento tiene los siguientes objetivos:

1. Disminuye la formación de transformaciones estructurales peligrosas y por lo tanto, las tensiones que estas originan, dando lugar a estructuras menos peligrosas y de menos volumen específico.
2. Facilita la difusión del hidrógeno de la unión soldada y por tanto, disminuye la tendencia al agrietamiento de la unión soldada por este efecto.
3. Facilita el desprendimiento de otros gases con lo cual se elimina la formación de poros.

La temperatura de precalentamiento se determina según fórmulas empíricas que son el resultado de trabajos teórico - experimental. Seguidamente se explicará el cálculo de la temperatura de precalentamiento a partir del Método de Daniel Seferian, 2003.

$$[C] = [C]_q + [C]_s$$

$$[C]_q = C + \frac{Mn * Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{7Mo}{90} \text{ ----- [1]}$$

$$[C]_s = 0.005 * S * [C]_q \text{ ----- [2]}$$

$$T_p = 350 * \sqrt{[C] - 0.25} \text{ ----- [3]}$$

[C]: Carbono equivalente; que no es más que la suma de las influencias cuantitativas de los diferentes elementos de aleación sobre la soldabilidad metalúrgica del metal base.

[C]q: Carbono equivalente químico.

[C]s: Carbono equivalente del espesor.

Tp: Temperatura de precalentamiento en °C.

El precalentamiento se aplica a través de llamas de propano, con antorchas diseñadas al efecto, y se controla la llama a través de creyones térmicos de fusión y cambio de coloración. Cuando se aplica con hornos se utiliza el control de temperaturas de los mismos; aunque en la actualidad se ofertan en el mercado sistemas de precalentamiento y tratamiento térmico, que a través de resistencias controladas por dispositivos electrónicos, permiten suministrar al metal que se suelda la temperatura de precalentamiento adecuada con un control de temperatura exacta. (Fuente: Seferian, 2003).

#### 6. Determinación del régimen de soldadura.

I= Intensidad de la corriente en Amperes.

D= Diámetro del electrodo. (4mm) para cordón de raíz.

D= Diámetro del electrodo. (5mm) para cordón de relleno.

$$I = (20 + 6 * d) * d \text{ ----- [4]}$$

#### **1.4. Conocimientos básicos sobre los procesos tecnológicos del mecanizado.**

En los tornos modernos, debido al alto coste que tiene el tiempo de mecanizado, es de vital importancia hacer una selección adecuada de las herramientas que permitan realizar los mecanizados en el menor tiempo posible y en condiciones de precisión y calidad requeridas, según refieren Millán Gómez, Simón, 2006, Sandvik Coromant, 2006, Larbáburu Arrizabalaga, Nicolás, 2004, Varios autores, 1984 y Varios autores, 2005. Para que un torno funcione correctamente y garantice la calidad de sus mecanizados, es necesario que periódicamente se someta a una revisión y puesta a punto donde se ajustarán y verificarán todas sus funciones.

Tabla: 5 Las tareas más importantes que se realizan en la revisión de los tornos son las siguientes (Fuente. Millán Gómez, Simón (2006).

Revisión de tornos	
Nivelación	Se refiere a nivelar la bancada y para ello se utilizará un nivel de precisión.
Concentricidad del cabezal	Se realiza con un reloj comparador y haciendo girar el plato a mano, se verifica la concentricidad del cabezal y si falla se ajusta y corrige adecuadamente.
Comprobación de redondez de las piezas	Se mecaniza un cilindro a un diámetro aproximado de 100mm y con un reloj comparador de precisión se verifica la redondez del cilindro.
Alineación del eje principal	Se fija en el plato un mandril de unos 300mm de longitud, se monta un reloj en el carro longitudinal y se verifica si el eje está alineado o desviado.
Alineación del contrapunto	Se consigue mecanizando un eje de 300mm sujeto entre puntos y verificando con un micrómetro de precisión si el eje ha salido cilíndrico o tiene conicidad.

Otras funciones como la precisión de los nonios se realizan de forma más esporádica principalmente cuando se estrena la máquina.

### **Normas de seguridad en el torneado.**

Cuando se está trabajando en un torno, hay que observar una serie de requisitos para asegurarse de no tener ningún accidente que pudiese ocasionar cualquier pieza que fuese despedida del plato o la viruta si no sale bien cortada. Para ello la mayoría de los tornos tienen una pantalla de protección. Pero también de suma importancia es el prevenir ser atrapado por el movimiento rotacional de la máquina, por ejemplo por la ropa o por el cabello largo. (Fuente: Sandvik Coromant (2006).

Tabla: 6 Normas de seguridad para el torneado. (Fuente. Millán Gómez, Simón (2006).

Normas de seguridad	
1	Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, etc.
2	No utilizar ropa holgada o muy suelta. Se recomiendan las mangas cortas.
3	Utilizar ropa de algodón.
4	Utilizar calzado de seguridad.
5	Mantener el lugar siempre limpio.
6	Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina.
7	Es preferible llevar el pelo corto. Si es largo no debe estar suelto.
8	No vestir joyería, como collares, pulseras o anillos.
9	Siempre se deben conocer los controles y funcionamiento del torno. Se debe saber cómo detener su operación.
10	Es muy recomendable trabajar en un área bien iluminada que ayude al operador, pero la iluminación no debe ser excesiva para que no cause demasiado resplandor.

Factores de selección para operaciones de torneado (Fuente. Millán Gómez, Simón (2006).

Diseño y limitaciones de la pieza. Tamaño, tolerancias del torneado, tendencia a vibraciones, sistemas de sujeción, acabado superficial, etc.

Operaciones de torneado a realizar. Cilindrados exteriores o interiores, refrentados, ranurados, desbaste, acabados, optimización para realizar varias operaciones de forma simultánea, etc.

Estabilidad y condiciones de mecanizado. Corte intermitente, voladizo de la pieza, forma y estado de la pieza, estado, potencia y accionamiento de la máquina, etc.

Disponibilidad y selección del tipo de torno. Posibilidad de automatizar el mecanizado, poder realizar varias operaciones de forma simultánea, serie de piezas a mecanizar, calidad y cantidad del refrigerante, etc.

Material de la pieza. Dureza, estado, resistencia, maquinabilidad, barra, fundición, forja, mecanizado en seco o con refrigerante, etc.

Disponibilidad de herramientas. Calidad de las herramientas, sistema de sujeción de la herramienta, acceso al distribuidor de herramientas, servicio técnico de herramientas, asesoramiento técnico.

Aspectos económicos del mecanizado. Optimización del mecanizado, duración de la herramienta, precio de la herramienta, precio del tiempo de mecanizado.

### **Formación de viruta.**

El torneado ha evolucionado tanto que ya no se trata tan solo de arrancar material a gran velocidad, sino que los parámetros que componen el proceso tienen que estar estrechamente controlados para asegurar los resultados finales de economía, calidad y precisión.

La forma de tratar la viruta se convierte en un proceso complejo, donde intervienen todos los componentes tecnológicos del mecanizado, para que pueda tener el tamaño y la forma que no perturbe el proceso de trabajo. Si no fuera así se acumularían rápidamente masas de virutas largas y fibrosas en el área de mecanizado que formarían madejas enmarañadas e incontrolables. La forma que toma la viruta se debe principalmente al material que se está cortando y puede ser de material dúctil y también quebradizo y frágil.

El avance con el que se trabaja y la profundidad de pasada, son bastante responsables de la forma de viruta, y cuando no se puede controlar con estas variables hay que recurrir a elegir la herramienta que lleve incorporado un rompe virutas eficaz. (Fuente: Larbáburu Arrizabalaga, Nicolás, 2004).

### **Mecanizado en seco y con refrigerante.**

Hoy en día el torneado en seco es completamente viable y se emplea en numerosas aplicaciones. Hay una tendencia reciente a efectuar los mecanizados en seco siempre que la calidad de la herramienta lo permita. Una zona de temperatura de corte más elevada puede ser en muchos casos, un factor positivo.

Sin embargo el mecanizado en seco no es adecuado para todas las aplicaciones, especialmente para taladrados, roscados y mandrinados para garantizar la evacuación de las virutas. Es necesario evaluar con cuidado operaciones, materiales, piezas, exigencias de calidad y maquinaria para identificar los beneficios de eliminar el aporte de refrigerante. Todos los fluidos de corte son residuos

peligrosos, por lo que deben ser tratados como tales por empresas especializadas. La opción prioritaria en la gestión medioambiental de procesos es siempre la minimización de los residuos, lo cual es aplicable al caso del fluido de corte. (Fuente: Larbáburu Arrizabalaga, Nicolás, 2004)

### **Fundamentos tecnológicos del torneado.**

En el torneado hay seis parámetros claves:

1. Velocidad de corte ( $V_c$ ). Se define como la velocidad lineal en la periferia de la zona que se está mecanizando. Su elección viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material de la pieza y las características de la máquina. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta. La velocidad de corte se expresa en metros/minuto.

La velocidad de corte excesiva puede dar lugar a:

- Desgaste muy rápido del filo de corte de la herramienta.
- Deformación plástica del filo de corte con pérdida de tolerancia del mecanizado.
- Calidad del mecanizado deficiente.

La velocidad de corte demasiado baja puede dar lugar a:

- Formación de filo de aportación en la herramienta.
- Efecto negativo sobre la evacuación de viruta.
- Baja productividad.
- Coste elevado del mecanizado.

2. Velocidad de rotación de la pieza ( $N$ ). Normalmente expresada en revoluciones por minuto. Se calcula a partir de la velocidad de corte y del diámetro mayor de la pasada que se está mecanizando.

3. Avance ( $F$ ). Definido como la velocidad de penetración de la herramienta en el material. Se puede expresar de dos maneras: bien como milímetros de penetración por revolución de la pieza, o bien como milímetros de penetración por minuto de trabajo. En la industria de mecanizados por arranque de viruta se denomina avance, a la velocidad de penetración que tienen las herramientas de corte en la pieza que se mecaniza. El avance se puede expresar en mm/rev, en el caso de taladrado y torneado, o en mm/min. En el caso de fresado el avance por minuto se obtiene de

multiplicar el avance por vuelta del husillo por las revoluciones por minuto que tenga.  
(Fuente: Varios autores, 1984).

**Efectos de la velocidad de avance.**

- Decisiva para la formación de viruta.
- Afecta al consumo de potencia.
- Contribuye a la tensión mecánica y térmica.

Una velocidad elevada de avance da lugar a:

- ✓ Buen control de viruta.
- ✓ Menor tiempo de corte.
- ✓ Menor desgaste de la herramienta.
- ✓ Riesgo más alto de rotura de la herramienta.
- ✓ La calidad superficial del mecanizado se puede deteriorar.

Una velocidad de avance baja da lugar a:

- ✓ Viruta más larga.
- ✓ Mejora de la calidad del mecanizado.
- ✓ Desgaste acelerado de la herramienta.
- ✓ Mayor duración del tiempo de mecanizado.
- ✓ Mayor coste del mecanizado.

4. Profundidad de pasada: Es la distancia radial que abarca una herramienta en su fase de trabajo. Depende de las características de la pieza y de la potencia del torno.

5. Potencia de la máquina: Está expresada en kw, y es la que limita las condiciones generales del mecanizado, cuando no está limitado por otros factores.

6. Tiempo de torneado (T). Es el tiempo que tarda la herramienta en efectuar una pasada.

Estos parámetros están relacionados por las fórmulas siguientes:

$$V_c(m/min) = \frac{N(rpm) * 3.14 * diámetro (mm)}{1000} \text{-----} [5]$$

Donde:

V ---- Velocidad de corte; m/min.

D ----- Diámetro de la pieza; mm.

N ----- Revoluciones por minuto del husillo; rpm.

1000 - Factor de conversión de metro a milímetro.

$$F(\text{mm}/\text{min}) = N(\text{rpm}) * F(\text{mm}/\text{revoluciones}) \text{ ----- [6]}$$

F ---- Avance.

$$T = (\text{min}) = \frac{\text{longitud de pasada}}{F(\text{mm}/\text{min})} \text{ ----- [7]}$$

T ----- Tiempo de torneado.

Generalmente, la velocidad de corte óptima de cada herramienta y el avance de la misma vienen indicados en el catálogo del fabricante de la herramienta o, en su defecto, en los prontuarios técnicos de mecanizado. (Fuente: Varios autores, 2005).

## **CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE REDISEÑO Y TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO MANIPULADOR DE LANZAS**

### **2.1. Propuesta de rediseño del equipo Manipulador de Lanzas.**

Una vez analizados todos los criterios que impulsan al desarrollo de este trabajo, y determinadas las principales dimensiones, tipos de mecanismos y el área de explotación del equipo, se procede al rediseño del equipo Manipulador de Lanzas.

En el rediseño es necesario aclarar que el objetivo principal es eliminar movimiento de giro del equipo Manipulador de Lanzas y integrarle al mecanismo porta-lanzas un sistema de elevación ya que el equipo Manipulador de Lanzas que se encuentra fuera de servicio, en su diseño este trajo de fábrica la altura adecuada para trabajar frente a la ventana del HAE, pero en el rediseño esto será remplazado por el sistema de elevación mediante dos cilindros hidráulicos, estos rehusándolos del Manipulador que se encuentra fuera de servicio, así como se utilizará la misma central hidráulica, se utilizará también las ruedas y los ejes que se encuentran en desuso de un carro del área de (VOD), "Sistema de Descarburización al Vacío", capaz de cargar 60 toneladas de acero líquido, por lo que no será necesario realizarle estudios de renitencia, ya que en el rediseño este estará expuesto solamente a una carga de 1500kg, se utilizará también el moto reductor, de transmisión por cadenas para la traslación del carro del rediseño propuesto y se utilizará todo el sistema del porta-lanzas, todas estas piezas o partes recuperadas del Manipulador que se encuentra fuera de servicio.

#### **Mecanismos principales del rediseño.**

1. Mecanismo de traslación del equipo Manipulador de Lanzas.
2. Mecanismo de elevación del porta-lanzas.
3. Mecanismo de traslación del porta-lanzas.

### **2.2. Estudios de resistencia mediante el Software de diseño "SolidWorks 2014", a los principales mecanismos que estarán expuestos a cargas.**

Para la fabricación del bastidor se utilizará una viga canal (número de perfil 180) de acero CT3. En las tablas 1 y 2 se muestran las dimensiones y propiedades de la viga. (Fuente: NC-ISO57-39:84, Aceros y sus laminados).

Tabla: 1 Dimensiones de la viga canal (Fuente: NC-ISO57-39:84, Aceros y sus laminados).

Tipo de viga	Acero	Altura de la viga canal	Ancho del ala	Grosor de la pared	Área de la sección transversal	Masa de 1m de perfil
Canal #18	CT3	180mm	70mm	5,1mm	20,7cm <sup>2</sup>	16,3kg

Estos aceros se dedican a la construcción de puentes, gasoductos, oleoductos, armaduras, calderas, etc. Por lo general, todos los aceros para estructuras son soldables y la soldabilidad es una de sus principales propiedades. Por esto, de acuerdo con lo dicho en el párrafo anterior, el acero para estructuras es de bajo contenido de carbono,  $C < 0,22 - 0,25 \%$ . El aumento de su resistencia se consigue aleándolo con elementos baratos, como el manganeso y el silicio. En este caso, y siendo bajo el contenido de carbono, el límite de fluencia aumenta hasta 400 – 450MPa y la resistencia a la rotura hasta 500 – 600MPa, y si se somete a tratamiento térmico, aún más. (Fuente: Metalografía Tomo II, 1978-1985).

Tabla: 2 Propiedades mecánicas (Fuente: NC-ISO57-39:84, Aceros y sus laminados).

Resistencia Mecánica ( $\sigma^B$ )	Resistencia a la flexión ( $\sigma^{fl}$ )	$\delta \%$	Dureza (HB)
450MPa	250MPa	30%	135-160HB

Tabla: 3 Composición Química del CT3 en %.

C	Si	Mn	Nb, v	N
0.2	0.2	0.5	----	----

Para el estudio realizado, el autor se apoya en el Software de diseño “SolidWorks 2014”, SolidWorks es un programa de diseño asistido por computador para modelado mecánico que corre bajo el sistema operativo Microsoft Windows y es desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systèmes (Suresnes, Francia). Es un modelador de sólidos paramétrico, que usa el kernel de

modelado geométrico Parasolid (Núcleo que pertenece a Siemens PLM Software, desarrollador de Solid Edge y de NX). Fue introducido en el mercado en 1995 para competir con otros programas CAD como Pro/ENGINEER, NX, Solid Edge, CATIA, y Autodesk Mechanical Desktop.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

La empresa SolidWorks Corp. fue fundada en 1993 por Jon Hirschtick con su sede en Concord, Massachusetts y lanzó su primer producto, SolidWorks 95, en 1995. En 1997 Dassault Systèmes, mejor conocida por su software CAD CATIA, adquirió la compañía. Actualmente posee el 100% de sus acciones y es liderada por Jeff Ray.

SolidWorks ha entrado con fuerza al mercado latinoamericano, especialmente en América del Sur. Algunos de sus distribuidores autorizados latinos se encuentran ubicados en México, República Dominicana, Colombia, Venezuela, Perú, Chile, Honduras y Argentina.

Este programa de diseño posee herramientas capaces de realizar estudios diversos, como resistencia, térmicos, de flujos, eléctricos, entre otros.

Se realizó un estudio estático, y de pandeo al mecanismo de traslación del manipulador de lanzas ya que este estará expuesto a una carga de 1500 kg, esta estará distribuida entre los dos apoyos de los cilindros y el piso del carro de traslación, el resultado del estudio se muestra en la figura: 2.1 y el informe del estudio en el anexo: 23 donde el Software de SolidWorks detalla los resultados del mismo, los cuales son positivos. También se le realizó el estudio de resistencia, (análisis estático) al pasador que estará sometido a la carga de 1500kg, distribuida entre dos pasadores que estarán fijos en las bases y acoplado a los cilindros que posibilitarán el movimiento hacia abajo y hacia arriba del mecanismo que soporta las

lanzas de inyección de oxígeno y carbono, el resultado del estudio se muestra en la figura: 2.2 y el informe detalla los resultados en el anexo: 24, donde estos resultados son positivos.

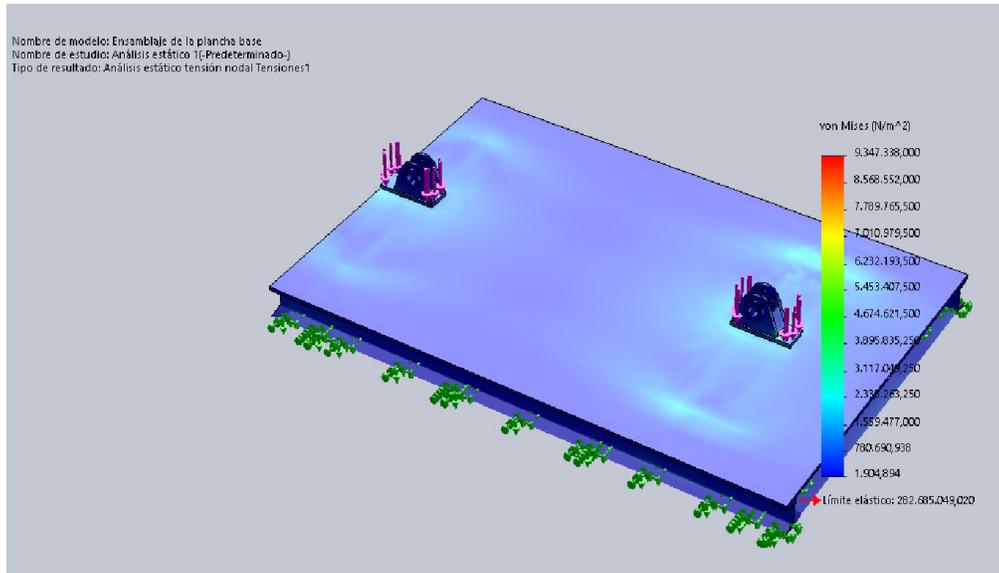


Figura: 2.1 Resultados del análisis de resistencia del sistema de traslación del Manipulador de Lanzas (Fuente: Software SolidWorks).

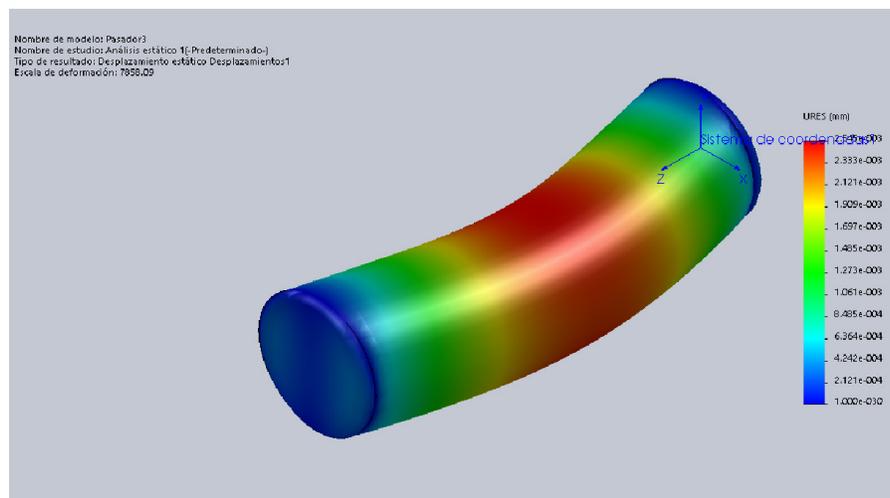


Figura: 2.2 Resultados del análisis de resistencia del pasador de soporte de cilindro del Manipulador de Lanzas (Fuente: Software SolidWorks).

En la figura 2.3, se muestra la representación en 3D del rediseño del nuevo equipo Manipulador de Lanzas con sus tres mecanismos principales, sistema de traslación, mecanismo de elevación y mecanismo de desplazamiento del porta-lanzas, el cual será capaz de desempeñar la función del equipo Manipulador de lanzas que quedó fuera de servicio, reutilizando de este un gran número de piezas, se reutilizará ruedas y ejes del carro de traslación, este se encuentra en desuso de la instalación (VOD) Sistema de Descarburación al Vacío, capaz de soportar una carga de 60 toneladas, también se reutilizará del manipulador que se encuentra fuera de servicio, el sistema de porta-lanzas, central hidráulica, cilindros, motor y reductor de transmisión por cadena para utilizarlo en el desplazamiento del carro del rediseño propuesto.

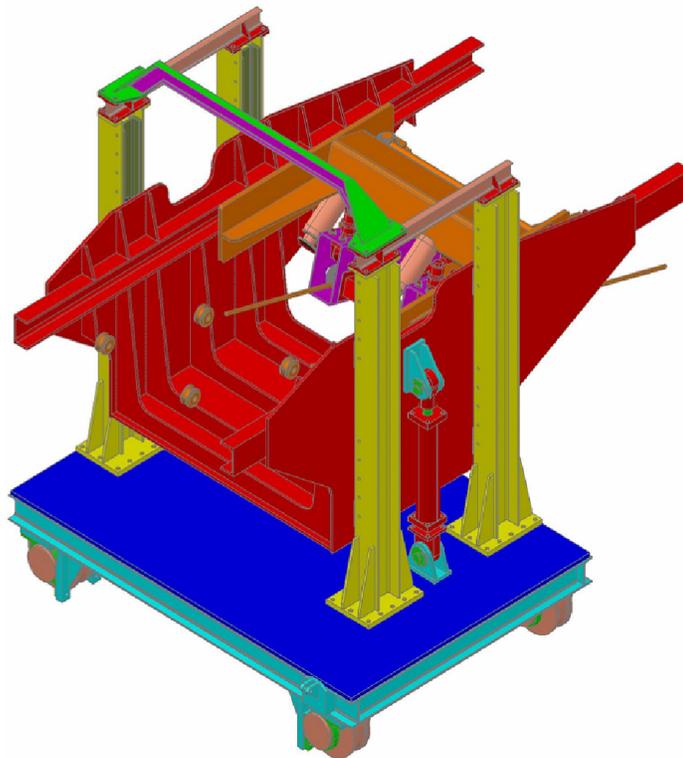


Figura 2.3. Representación en 3D del rediseño del equipo de Lanzas (Fuente: Autor).

### **2.3. Ensamblaje de los mecanismos, utilizando los procesos de soldadura manual por arco eléctrico.**

Para dar comienzo a la tecnología de soldadura, se ha realizado un estudio de los pasos tecnológicos a seguir, según el Centro de Investigaciones de Soldadura (CIS) de la Universidad Central de las Villas, por los profesores José Burgos Sola, Ramón Martínez, Manuel Rodríguez Pérez, Arnaldo Valdés, y otros. Donde seguidamente se desarrollarán los pasos tecnológicos a seguir:

#### **1- Análisis preliminar de las condiciones del taller.**

Para la fabricación de estos tres mecanismos, se realizarán en el taller de palería y maquinado de la empresa ACINOX - Las Tunas, donde estos talleres cuentan con las condiciones necesarias para desarrollar todo el proceso de fabricación:

- Se destinará un área de trabajo para el ensamble de los mecanismos, con las dimensiones necesarias, que posibiliten trabajar sin limitaciones en el desplazamiento.
- Este taller cuenta con una grúa puente viajera de 5 toneladas, capacidad de carga superior, al peso de los mecanismos.
- Existe una línea de (LPG) Gas Licuado de Petróleo, que garantiza realizar todos los cortes por oxidación, que sean necesarios en el proceso.
- La instalación del taller de maquinado cuenta con maquinas como, fresadoras, y esmeriladoras, que garantizarán la preparación de los bordes de las piezas a unir.
- Se dispone de todos los utensilios de limpieza, así como cepillos de aceros desescoriadores etc.
- Para la realización de este trabajo, se dispone de dos máquinas modernas de soldar de tipo transformador con convertidor de corriente alterna a directa, están equipadas para trabajar a diferentes regímenes de trabajo, variando su intensidad de corriente.
- Se dispone del personal altamente calificado para ejercer todas las tareas exigidas por el proceso de fabricación.

## 2. Análisis del metal base.

- Para el análisis del material base se utilizarán: viga perfil 180 de acero CT3 para el mecanismo de traslación, viga perfil IPN-200 para el mecanismo de elevación, chapas de diferentes espesores de acero CT3 para las demás estructuras, con una composición química de un 0,2 % de carbono como lo más significativo. La clasificación de este acero es de (Acero suave). El porcentaje de carbono es de (0,20 - 0,25%), tiene una resistencia mecánica de 400-450MPa y una dureza de 135-160 HB. Se puede soldar fácilmente, con una técnica adecuada.

Aplicaciones: Piezas de resistencia media de buena tenacidad, deformación en frío, embutición, plegado, herrajes, etc.

- Propiedades tecnológicas (soldabilidad, maquinabilidad, etc.)

Las propiedades tecnológicas para soldar y maquinar de estos materiales son caracterizadas de buena, donde su selección se realizó según las Normas Cubanas (NC-ISO 57-39:84, Aceros y sus laminados).

## 3. Selección de la preparación de bordes. Según (Norma cubana de preparaciones de borde.

NC 08 – 06:84.

Las generalidades de las preparaciones de bordes, ya sean de costuras, a tope, como en ángulo, estarán en función de los espesores de chapa a soldar. En el caso de chapas con espesores menores de 6mm no se necesita preparación de los bordes de soldadura. En espesores a partir de 8mm es necesario efectuar preparación de bordes con el objetivo de lograr mayor penetración en la raíz de la costura y una sección transversal de la misma que garantice la resistencia mecánica en todo el espesor de la junta.

Estas uniones se caracterizan por tres dimensiones, el ángulo del bisel del borde, la cara de la raíz del borde y la holgura entre las chapas. Hay que tener en cuenta además que si el espesor es considerable, las costuras se ejecutan en varias pasadas. El espesor de una pasada por lo general es igual a 5 ó 6mm.

También se utiliza, siempre y cuando la posición relativa de las partes de la unión soldada lo permita, uniones bilaterales, uniones con el empleo de respaldo, etc. Todas estas variantes aparecen recogidas en las normas de preparación de borde establecidas en diferentes códigos de soldadura. En el caso de Cuba la norma vigente es NC 08 – 06: 84.

Para la preparación de las uniones soldadas:

- En el caso del mecanismo de traslación (el bastidor), la preparación de los bordes será para unión tipo “a tope”, con un bisel de 4mm x 45°. Según se muestra en la figura 1.7- a).
- En el caso del mecanismo de elevación (las columnas), la preparación de los bordes será para unión tipo “T”, con un bisel de 10mm x 45°. Según se muestra en la figura 1.7- c).
- En el caso del mecanismo de traslación de las lanzas (soporte porta lanza y estructura del mecanismo), la preparación de los bordes será para uniones tipo “T”, con un bisel de 10mm x 45°, y tipo “T”, y tipo “En ángulo”, con biseles de 10mm x 45°, respectivamente. Donde se muestra en la figura 1.7- c) y b).

4. Selección del electrodo de soldadura.

Teniendo en consideración, que las piezas son de acero con un 0,3% de carbono, y valorando las propiedades mecánicas del mismo, donde el 95% de las soldaduras se harán en posición horizontal, los espesores a soldar no exceden a los 30mm, y con la correcta preparación de los bordes se determina utilizar el Electrodo 6013 de Ø4mm para el cordón de raíz y Ø5mm para el cordón de relleno. Seguidamente se muestran las propiedades mecánicas de los electrodos para la soldadura de aceros al carbono y de baja y mediana aleación estructurales (tabla: 2) y (tabla: 3).

Tabla: 2 Propiedades mecánicas del electrodo 6013 (Fuente. según la norma AWS American Welding Society).

Electrodo	sr (MPa)	sf (MPa)	d (%)
E – 6013	460	380	17

Donde:

Sr - Resistencia a la rotura.

Sf - Resistencia a la flexión.

D – Diámetro.

Tabla: 3 Composición química del electrodo 6013 (Fuente. según la norma AWS American Welding Society).

Electrodo	%C	% Mn	% Si	Cr%	Ni	Mo
E – 6013	0,07	0,5	0,35	-	-	-

C – Carbono; Mn – Manganeseo; Si - Silicio; Cr – Cromo; Ni - Níquel y Mo - Molibdeno.

##### 5. Determinación de la temperatura de precalentamiento.

En general se puede plantear que la temperatura de precalentamiento debe ser mayor, mientras más templable sea el acero que se desea soldar. Por tanto, se determinó realizar un precalentamiento leve, ya que este es un acero de buena soldabilidad y sus espesores son inferiores a los 30mm. El precalentamiento se aplicara a través de llamas de propano, con antorchas diseñadas al efecto, y se controla la llama a través de creyones térmicos de fusión y cambio de coloración. Donde la temperatura de precalentamiento se determinó según el Método de Daniel Seferian, mencionado en el punto 5 de los pasos para la tecnología de fabricación de soldadura, ecuación 1; 2; 3.

Tabla: 4 Resultados de cálculo de pre-calentamiento. (Fuente: Autor).

Carbono Equivalente	Carbono Equivalente del espesor	Temperatura de pre-calentamiento
0.31%	0.0465%	78.26°C

6. Determinación del régimen de soldadura. Según ecuación 4.

$$I = 250 \text{ A}$$

7. Selección de la máquina de soldadura.

Esta selección se realizó a través de la chapilla del equipo “Transformador con convertidor de corriente de alterna a directa”.

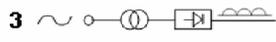
MODELO 600		Nr			
		ISO 11EC60974-1			
		EN.60974-1			
		55A / 23V		600A / 44V	
U 	50 / 60Hz				
	V <sub>0</sub> V	I <sub>2</sub>	600A	520A	400A
	72 V	V <sub>2</sub>	44V	41V	36V
	V <sub>1</sub>		I <sub>MÁX</sub> - 98A		i eff.66A
	230V		T80	I <sub>MÁX</sub> - 57A	
3 ~ 50 / 60Hz	400V	T50			
Refrig.	ip 23	S	Smáx. 43 KVA		CI.ISOI.H

Figura: 2.4 Capilla de la máquina de soldar. (Fuente: Autor).

**2.3.1. Ruta tecnológica a seguir para el ensamble, utilizando los procesos de soldadura manual por arco eléctrico.**

Para la fabricación apoyándose en el proceso de soldadura manual por arco eléctrico, para el rediseño propuesto se divide el trabajo en las partes fundamentales donde su fabricación se realizará por el método de soldadura. Las principales partes serán las siguientes:

1- Mecanismo de traslación (método de fabricación, Soldadura). Ver ANEXO: 3 plano tecnológico del carro del Manipulador de Lanzas.

Operaciones tecnológicas:

- Corte de materiales, 2 vigas canal número 18 de 3000mm de longitud.
- Cortar 2 vigas de 2822mm de longitud.
- Cortar 2 vigas de 1802mm de longitud.
- Cortar 3 vigas de 1224mm de longitud.

- Preparación de bordes (se especifica más adelante).
- Ensamblar mediante el proceso de soldadura manual por arco eléctrico.

2- Columnas de elevación del porta-lanzas (método de fabricación, soldadura y mecanizado) ver anexo: 2 plano tecnológico columnas de elevación del Manipulador de Lanzas.

Operaciones tecnológicas:

- Corte de materiales.
- Cortar 2 vigas de 2370mm de longitud.
- Cortar 2 chapas de 460x260mm<sup>6</sup>.
- Preparación de bordes.
- Ensamblar mediante el proceso de soldadura manual por arco eléctrico.

3- Mecanismo de soporte del porta-lanzas (método de fabricación, soldadura y mecanizado. Ver anexo 14 Ensamble del mecanismo porta-lanzas.

Operaciones tecnológicas:

- Corte de materiales.
- Cortar 2 chapas de 1500x420mm.
- Cortar 2 chapas de 871x204mm.
- Preparación de bordes.
- Ensamblar mediante el proceso de soldadura manual por arco eléctrico.

#### **2.4. Tecnología de fabricación, mediante los procesos tecnológicos del mecanizado.**

Esta propuesta de tecnología se realizará de acuerdo a las condiciones del taller de maquinado de la empresa ACINOX - Las Tunas, la cual cuenta con un taller que posee máquinas herramientas para ejercer este proceso, donde algunas operaciones tecnológicas del proceso se realizarán según el estado técnico de las máquinas herramientas, ya que estas son máquinas de más de 20 años de

explotación y el herramental de corte no es el idóneo, se realizarán los cálculos básicos de velocidades y regímenes de corte para determinar en qué % se disminuirá el tiempo del proceso en el taller de maquinado de la empresa ACINOX - Las Tunas, y así no someter, las máquinas a velocidades y cortes excesivos, donde estas operaciones primeramente se consultarán con el operario, ya que este es conocedor de la máquina y sabe hasta dónde puede esforzar la misma.

El proceso de tecnología de fabricación para el torneado, se desarrollará, mediante el software WinRegiCAC. Para el fresado, se desarrollará a través del software WINREGF y para el taladrado software Taladro.

#### **2.4.1. Tecnológica de fabricación para el mecanizado.**

Primeramente se comenzará por:

1 - Bases de columnas de elevación de 480x270, cantidad (4). Ver Anexo: 2 Plano tecnológico.

Operaciones tecnológicas.

- Cortar 4 chapa de Ac-CT3 a 485x275 de 30mm de espesor.
- ❖ Máquina herramienta, Fresadora universal, modelo FU-400.
- Fresar a 480x270 con tolerancia permisible de (0 +0,1mm).
- Control de calidad.
- Trazar 16 agujeros de  $\varnothing$  20mm.
- Taladrar 16 agujeros de  $\varnothing$  20 y retaladrar a  $\varnothing$  27mm con tolerancia de (0 +0,1mm) y rugosidad superficial de 12,6, máquina herramienta taladro radial, modelo T-R.40/2.
- Control de calidad.

2 - Soporte de cilindros, cantidad (4). Ver Anexo: 17 Plano tecnológico

Operaciones tecnológicas.

- Cortar 2 chapas de Ac-CT3 a 191x255 de 20mm de espesor, realizar agujero mediante la operación de oxicorte a  $\varnothing$  100mm.

❖ Máquina herramienta Torno, modelo (1-M63).

- Montar en plato de cuatro muelas.
- Centrar agujero de 100mm.
- Cilindrar interior de desbaste a 108mm.
- Cilindrado interior de acabado a 110mm con tolerancia de (+ 0,1mm) y rugosidad de 3,6.
- Control de calidad.

➤ Resultados de la tecnología de fabricación según el software WinRegiCAC.  
Cálculo de los regímenes de corte para torneado.

**Cuchilla:**

Material de la Cuchilla	: Aceros de corte rápido.
Marcado	: P18
Sección	: 25x20
Tiempo de Vida Útil (min)	: 20,0

**Torno:**

Nombre de la Máquina	: Torno Universal 1M63
Potencia (Kw)	: 13,0

**Datos:**

Paso tecnológico	: Cilindrado Interior
Profundidad de Corte (mm)	: 05,0
Longitud de Trabajo (mm)	: 20,0
Diámetro de la pieza en bruto	: 110,0
Rugosidad superficial (Ra)	: 25

**Regímenes de corte:**

Avance (mm/rev)	: 1,0
Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm)	: 102,0
Velocidad de Corte (m/min)	: 35,2
Fuerza de Corte (N)	: 10186,9
Momento de corte (Nm)	: 560,0
Momento del husillo (Nm)	: 560,3
Potencia de Corte (kW)	: 5,9

Potencia del motor (kW) : 10,4

Tiempo Principal (min) : 0,2

**Material a elaborar:**

Material : Aceros al Carbono.

Marcado : Acero 25

Tensión de Rotura (Kgf/mm<sup>2</sup>) : 46,0

Dureza : 170,0

3 - Realizar mediante la operación de maquinado 4 casquillos de 25mm de longitud, de Dext= 110 -0,1mm y Dint= 60 -0,014mm. Ver ANEXO: 15 Plano tecnológico de casquillos de bases de cilindros y Anexo: 21 Carta tecnológica.

- Cortar material a 40mmx120mm de Ac-45.

❖ Montar en torno (modelo 1M63).

- Refrentar caras.

- Taladrar a  $\varnothing$  20mm.

- Retaladrar a  $\varnothing$  30mm.

- Retaladrar a  $\varnothing$  40mm.

- Retaladrar a  $\varnothing$  50mm.

- Cilindrado de interior desbaste a  $\varnothing$  59mm.

- Cilindrado de interior acabado a  $\varnothing$  60 -0,014mm.

- Cilindrado exterior de desbaste a  $\varnothing$  111mm.

- Cilindrado exterior de acabado a  $\varnothing$  110mm.

- Realizar biseles de 3x45°.

➤ Resultados de la tecnología de fabricación según el software WinRegiCAC.  
Cálculo de los regímenes de corte para torneado.

**Cuchilla:**

Material de la Cuchilla : Aceros de corte rápido.

Marcado : P6M5

Sección : 25x25

Tiempo de Vida Útil (min) : 30,0

**Torno:**

Nombre de la Máquina : Torno Universal 1M63  
Potencia (Kw) : 13,0

**Datos:**

Paso tecnológico : Cilindrado Interior  
Profundidad de Corte (mm) : 02,0  
Longitud de Trabajo (mm) : 40,0  
Diámetro de la pieza en bruto : 60,0  
Rugosidad superficial (Ra) : 6,3

**Regímenes de corte.**

Avance (mm/rev) : 0,8  
Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm) : 659,0  
Velocidad de Corte (m/min) : 124,2  
Fuerza de Corte (N) : 2860,5  
Momento de corte (Nm) : 85,8  
Momento del husillo (Nm) : 85,8  
Potencia de Corte (kW) : 5,8  
Potencia del motor (kW) : 10,4  
Tiempo Principal (min) : 0,1

**Material a elaborar:**

Material : Aceros al Carbono.  
Marcado : Acero 45  
Tensión de Rotura (Kgf/mm<sup>2</sup>) : 61,0  
Dureza : 197,0

4 - Bases de cilindros, cantidad (4). Ver Anexo: 17 Plano tecnológico.

- Cortar 1 chapa (base) de Ac-CT3 a 138x275 de 20mm de espesor.
- Frezar a 134x270 en fresadora universal, modelo FU-400.
- Control de calidad.

➤ Resultados de la tecnología de fabricación, mediante el frezado, según el software WINREGF, Cálculo de los regímenes de corte para fresado.

**Freza:**

Material de la Fresa	: Acero Corte Rápido
Tipo de Fresa	: Cilíndrica
Diámetro (mm)	: 160
Número de Dientes	: 24
Tiempo de Vida Útil (hrs)	: 120

**Fresadora:**

Nombre de la Máquina	: Fresadora Universal
Modelo	: 6p82
Potencia (kW)	: 7,0

**Superficie a elaborar:**

Ancho del Fresado (mm)	: 120
Profundidad de Corte (mm)	: 1
Longitud de Trabajo (mm)	: 270
Número de Pasadas	: 2
Tipo de Operación	: Acabado
Fuerza de Corte (N)	: 14373,79
Potencia de Corte (kW)	: 0,19
Tiempo Principal (min)	: 7,18

**Características técnicas:**

Avance por Minuto (mm/min)	: 80
Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm).	

❖ Taladrar 6 agujeros a  $\varnothing$  21 en taladro radial, modelo T-R.40/2.

- Control de calidad.

➤ Resultados del desarrollo de tecnología de fabricación, según el software Taladrado, Cálculo de los regímenes de corte para taladrado.

**Herramienta:**

Tipo de Herramienta	: Broca
Material de la Broca	: Acero de corte Rápido.
Diámetro (mm)	: 21,0

**Máquina herramienta:**

Nombre de la Máquina : Taladradora Radial 2M55  
Modelo : 2M55  
Potencia (Kw) : 4,0

**Superficie a elaborar:**

Diámetro del orificio (mm) : 21,0  
Longitud a elaborar (mm) : 20,0  
Diámetro pre elaborado (mm) : 0,0  
Rugosidad Superficial : 12.5  
Exactitud de Elaboración : H11  
Tipo de orificio : Pasante  
Estado del orificio : Sin elab. Previa

**Características técnicas:**

Tipo de operación : Taladrado  
Avance : 0,22  
Velocidad de Corte (m/min) : 32,97  
Fuerza de Corte (N) : 531,53  
Momento de corte (N m) : 75,91  
Potencia de Corte (Kw) : 0,04  
Frec.Rotac. del Husillo (rpm) : 500,0  
Tiempo Principal (min) : 0,29

**Material a elaborar:**

Material : Aceros de Construcción  
Marcado : CT3  
Tensión de Rotura : 42,0  
Dureza : 179,0

6 - Tranques de basas de cilindros, cantidad (4). Ver Anexo: 17 Plano tecnológico.

- Cortar 1 chapa de Ac-CT3 a 122x80 de 16mm de espesor.
- Frezar a 117x75 en fresadora universal, modelo FU-400.
- Control de calidad.

- Resultados de la tecnología de fabricación, mediante el frezado, según el software WINREGF, Cálculo de los regímenes de corte para fresado.

**Fresa:**

Material de la Fresa	: Acero Corte Rápido
Tipo de Fresa	: Cilíndrica
Diámetro (mm)	: 80
Número de Dientes	: 10
Tiempo de Vida Útil (horas)	: 80

**Fresadora:**

Nombre de la Máquina	: Fresadora Universal
Modelo	: FU-321
Potencia (kW)	: 8,0

**Superficie a elaborar:**

Ancho del Fresado (mm)	: 40
Profundidad de Corte (mm)	: 1
Longitud de Trabajo (mm)	: 120
Número de Pasadas	: 2
Tipo de Operación	: Acabado
Fuerza de Corte (N)	: 2101,13
Potencia de Corte (kW)	: 0,04
Tiempo Principal (min)	: 1,67

**Características técnicas:**

Avance por Minuto (mm/min)	: 160
Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm)	: 200
Avance por Diente (mm/dte)	: 0,08
Tipo de Avance	: Vertical
Velocidad de Corte (m/min)	: 50

**Material a elaborar:**

Material	: Aceros de Construcción
Marcado	: CT3
Tensión de Rotura	: 42

Dureza : 179

- Ensamblar mediante el proceso de soldadura manual por arco eléctrico.

7 - Pasadores de apoyo de cilindro de  $\varnothing$  60x200, cantidad (4). Ver Anexo: 16 Plano tecnológico y Anexo: 18 Carta tecnológica.

Operaciones tecnológicas.

- Cortar 4 piezas de la barra de  $\varnothing$  65mm a 205mm de longitud, material Ac-45, cortar en máquina herramienta Sierra Sinfín THOMAS, modelo (310E).

- Control de calidad.

❖ Máquina herramienta Torno, modelo (1-M63).

Operaciones tecnológicas.

- Refrentar caras a (200+/-0.1mm).

- Realizar agujeros de centro por ambas caras con broca de hacer centro de  $\varnothing$  2,5.

- Montar entre puntos con punto de arrastre.

- Cilindrado de semi-acabado a  $\varnothing$  60,4mm.

- Control de calidad.

➤ Resultados de la tecnología de fabricación según el software WinRegiCAC.

Cálculo de los regímenes de corte para torneado.

**Cuchilla:**

Material de la Cuchilla : Aleación dura.

Marcado : T5K10

Sección : 25x25

Tiempo de Vida Útil (min) : 40,0

Torno:

Nombre de la Máquina : Torno Universal 1M63

Potencia (KW) : 13,0

**Datos:**

Paso tecnológico : Cilindrado Exterior

Profundidad de Corte (mm) : 02,0

Longitud de Trabajo (mm) : 200,0

Diámetro de la pieza en bruto : 65,0

Rugosidad superficial (Ra) : 6,3

**Regímenes de corte:**

Avance (mm/rev)	: 0,6
Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm)	: 163,0
Velocidad de Corte (m/min)	: 33,3
Fuerza de Corte (N)	: 6708,9
Momento de corte (Nm)	: 217,9
Momento del husillo (Nm)	: 218,0
Potencia de Corte (kW)	: 3,6
Potencia del motor (kW)	: 10,4
Tiempo Principal (min)	: 2,1

Material a elaborar:

Material	: Aceros al Carbono.
Marcado	: Acero 45
Tensión de Rotura (Kgf/mm <sup>2</sup> )	: 61,0
Dureza	: 197,0

❖ Máquina herramienta Rectificadora Cilíndrica, modelo (MB3Y-142).

- Rectificar entre puntos con punto de arrastre a  $\varnothing$  60-0,01mm.

- Control de calidad.

✓ Herramienta de corte, piedra abrasiva de  $\varnothing$  500mm, puntos de arrastres.

✓ Instrumentos de medición, micrómetro de 50 a 75mm.

8 - Pasadores de rodillos de guías laterales de  $\varnothing$  40x326, cantidad (4). Ver Anexo: 8 Plano tecnológico y Anexo: 19 Carta tecnológica.

Operaciones tecnológicas.

- Cortar 8 piezas de la barra de  $\varnothing$  45mm a 330mm de longitud, material Ac-45, cortar en máquina herramienta Sierra Sinfín THOMAS, modelo (310E).

- Control de calidad.

❖ Máquina herramienta Torno, modelo (1-M63).

Operaciones tecnológicas.

- Refrentar caras a (326+-0.1mm).

- Realizar agujeros de centro por ambas caras, con broca de hacer centros de  $\varnothing 2,5$ .
- Montar entre puntos con punto de arrastre.
- Cilindrado de semi-acabado a  $\varnothing 40,4\text{mm}$ .
- Realizar biseles de  $3 \times 45^\circ$ .
- Control de calidad. Cuchilla:
  - Resultados de la tecnología de fabricación según el software WinRegiCAC.  
Cálculo de los regímenes de corte para torneado.

**Cuchilla:**

Material de la Cuchilla	: Aleación dura.
Marcado	: T15K10
Sección	: 25x25
Tiempo de Vida Útil (min)	: 40,0

**Torno:**

Nombre de la Máquina	: Torno Universal 1M63
Potencia (KW)	: 13,0

**Datos:**

Paso tecnológico	: Cilindrado Exterior
Profundidad de Corte (mm)	: 02,0
Longitud de Trabajo (mm)	: 326,0
Diámetro de la pieza en bruto	: 45,0
Rugosidad superficial (Ra)	: 6,3

**Regímenes de corte:**

Avance (mm/rev)	: 0,3
Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm)	: 408,0
Velocidad de Corte (m/min)	: 57,7
Fuerza de Corte (N)	: 4058,4
Momento de corte (Nm)	: 91,3
Momento del husillo (Nm)	: 91,3
Potencia de Corte (kW)	: 3,8
Potencia del motor (kW)	: 10,4
Tiempo Principal (min)	: 3,0

Material a elaborar:

Material : Aceros al Carbono.

Marcado : Acero 45

Tensión de Rotura (Kgf/mm<sup>2</sup>) : 61,0

Dureza : 197,0

❖ Máquina herramienta Rectificadora Cilíndrica, modelo (MB3Y-142).

- Montar entre puntos con punto de arrastre y rectificar a  $\varnothing$  40-0,01mm con rugosidad superficial de 0,8.
- Control de calidad.

9 - Rodillos guías laterales del porta – lanzas. Ver Anexo: 4 Plano tecnológico y Anexo: 22 Carta tecnológica.

- Cortar 8 piezas de la barra de  $\varnothing$  125mm a 245mm de longitud, material Ac-45, cortar en máquina herramienta Sierra Sinfin THOMAS, modelo (310E).
- Control de calidad.

❖ Máquina herramienta Torno, modelo (1-M63).

Operaciones tecnológicas.

- Refrentar caras a (240 $\pm$ 0.1mm).
  - Realizar agujeros de centro, con broca de hacer centros de  $\varnothing$  5,5.
  - Montar entre plato y punto y cilindrar a  $\varnothing$  122mm.
  - Montar entre puntos con perros de arrastres y cilindrar a  $\varnothing$  120mm con tolerancia de 0,1mm con rugosidad superficial de 3,2.
  - Montar en plato y taladrar a  $\varnothing$  20mm, retaladrar a  $\varnothing$  30mm, retaladrar a  $\varnothing$  35mm.
  - Cilindrado interior a  $\varnothing$  40mm con tolerancia de 0.1mm.
  - Realizar biseles de 3x45°.
  - Control de calidad.
- Resultados de la tecnología de fabricación según el software WinRegiCAC.  
Cálculo de los regímenes de corte para torneado.

**Cuchilla:**

Material de la Cuchilla : Aleación dura.

Marcado	: T15K10
Sección	: 25x25
Tiempo de Vida Útil (min)	: 40,0
<b>Torno:</b>	
Nombre de la Máquina	: Torno Universal 1M63
Potencia (KW)	: 13,0
<b>Datos:</b>	
Paso tecnológico	: Cilindrado Exterior
Profundidad de Corte (mm)	: 02,0
Longitud de Trabajo (mm)	: 245,0
Diámetro de la pieza en bruto	: 125,0
Rugosidad superficial (Ra)	: 3,2
<b>Regímenes de corte:</b>	
Avance (mm/rev)	: 0,1
Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm)	: 102,0
Velocidad de Corte (m/min)	: 40,1
Fuerza de Corte (N)	: 1745,0
Momento de corte (Nm)	: 109,0
Momento del husillo (Nm)	: 109,1
Potencia de Corte (kW)	: 1,1
Potencia del motor (kW)	: 10,4
Tiempo Principal (min)	: 25,3
Material a elaborar:	
Material	: Aceros al Carbono.
Marcado	: Acero 45
Tensión de Rotura (Kgf/mm <sup>2</sup> )	: 61,0
Dureza	: 197,0

10 - Separadores de guías laterales. Ver Anexo: 4 Plano tecnológico y Anexo 20 Carta tecnológica.

### Operaciones tecnológicas.

- Cortar barra en bruto de  $\varnothing$  85mm x 60mm de longitud, en máquina herramienta Sierra Sinfin THOMAS, modelo (310E).
- Control de calidad.
- ❖ Máquina herramienta Torno, modelo (1-M63).
- Montar en plato universal, dejando fuera 30mm de longitud.
- Cilindrado de desbaste a  $\varnothing$  82mm.
- Cilindrado de acabado a  $\varnothing$  80mm.
- Taladrar a  $\varnothing$  20mm, retaladrar a  $\varnothing$  30mm, retaladrar a  $\varnothing$  38mm.
- Cilindrado interior a  $\varnothing$  40mm con tolerancia de (+0,1mm).
- Tronzar a 10mm de longitud dos arandelas o separadores.
- realizar biseles de  $1 \times 45^\circ$ .
- Control de calidad.
- Resultados de la tecnología de fabricación según el software WinRegiCAC.  
Cálculo de los regímenes de corte para torneado.

#### **Cuchilla:**

Material de la Cuchilla	: Aceros de corte rápido.
Marcado	: P6M5
Sección	: 20x20
Tiempo de Vida Útil (min)	: 40,0

#### **Torno:**

Nombre de la Máquina	: Torno Universal 1M63
Potencia (KW)	: 13,0

#### **Datos:**

Paso tecnológico	: Cilindrado Exterior
Profundidad de Corte (mm)	: 02,0
Longitud de Trabajo (mm)	: 30,0
Diámetro de la pieza en bruto	: 85,0
Rugosidad superficial (Ra)	: 6,3

#### **Regímenes de corte:**

Avance (mm/rev)	: 0,6
-----------------	-------

Frec. De Rotac. Del Husillo (rpm)	: 128,0
Velocidad de Corte (m/min)	: 34,2
Fuerza de Corte (N)	: 3149,9
Momento de corte (Nm)	: 133,8
Momento del husillo (Nm)	: 133,9
Potencia de Corte (kW)	: 1,8
Potencia del motor (kW)	: 10,4
Tiempo Principal (min)	: 0,4

**Material a elaborar:**

Material	: Aceros al Carbono.
Marcado	: Acero 45
Tensión de Rotura (Kgf/mm <sup>2</sup> )	: 61,0
Dureza	: 197,0

**2.5. Valoración Económica.**

Para el análisis económico se consideraron todos los conceptos económicos tales como, consumo de energía, salario de trabajador, costo del material, entre otros. El objetivo general de la valoración económica es establecer una comparación entre un valor aproximado del costo del desarrollo de este trabajo y el valor del rodamiento especial por el cual este equipo queda fuera de servicio, se observa que el valor del rodamiento de tipo especial es superior a los **3360 €**, multiplicado por los cuatro rodamientos que se consumen en un año totaliza un valor superior a los **13440 €**, mientras que la fabricación del nuevo diseño solo es de **41.896,86 MN**. A continuación se muestra en la tabla: 5, un resumen del análisis económico en los tres mecanismos del nuevo diseño del manipulador de lanzas.

Tabla: 5 Costo de fabricación (Pérez, 2015).

**Cálculo del costo de fabricación  
Sistema de traslación**

Indicadores	U/M	Cant.	Precio		Costo		
			MN	CUC	MN	CUC	Total
<b>Materias Primas y Materiales</b>							
Viga perfil 180	mts	22	13,2184	150,4940	290,80	3.310,87	3.601,67
Electrodo 6013 Ø4mm	Kg	10	0,8967	1,8445	8,97	18,45	27,41
<b>Energía</b>							
Máquina Soldar	Kw	840,00		0,1686		141,62	141,62
Torno	Kw	0,00		0,1686		0,00	0,00
Fresa	Kw	0,00		0,1686		0,00	0,00
<b>Mano de Obra</b>			<b>Sal./Hr</b>	<b>Vacac.</b>	<b>Imp. FT</b>	<b>Seg. Soc.</b>	
Soldador A	h	40	1,90	6,91	12,44	10,36	105,71
Tornero A	h		1,87	0,00	0,00	0,00	0,00
Fresador A	h		1,87	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Costo Total</b>					<b>405,48</b>	<b>3.470,93</b>	<b>3.876,41</b>

**Cálculo del costo de fabricación  
Sistema de elevación**

Indicadores	U/M	Cant.	Precio		Costo		
			MN	CUC	MN	CUC	Total
<b>Materias Primas y Materiales</b>							
Viga perfil IPN 200	m <sup>2</sup>	6,00	151,9333	1.731,9433	911,60	10.391,66	11.303,26
Plancha de Ac 25mm	m <sup>2</sup>	1,00	188,1100	2.146,3700	188,11	2.146,37	2.334,48
Electrodo 6013 Ø4mm	Kg	5	0,8967	1,8445	4,48	9,22	13,71
<b>Energía</b>							
Máquina Soldar	Kw	630,00		0,1686		106,22	106,22
Torno	Kw	18,72		0,1686		0,00	0,00
Fresa	Kw	14,00		0,1686		0,00	0,00
<b>Mano de Obra</b>			<b>Sal./Hr</b>	<b>Vacac.</b>	<b>Imp. FT</b>	<b>Seg. Soc.</b>	
Soldador A	h	30	1,90	5,18	9,33	7,77	79,28
Tornero A	h	3	1,87	0,51	0,92	0,76	2,29
Fresador A	h	2	1,87	0,34	0,61	0,51	1,02
<b>Costo Total</b>					<b>1.186,79</b>	<b>12.653,47</b>	<b>13.840,26</b>

**Cálculo del costo de fabricación  
Sistema de traslación de las lanzas**

Indicadores	U/M	Cant.	Precio		Costo		
			MN	CUC	MN	CUC	Total
<b>Materias Primas y Materiales</b>							
Viga perfil 160	mts	4	11,2753	128,3747	45,10	513,50	558,60
Plancha de Ac 25mm	m <sup>2</sup>	10,00	188,1100	2.146,3700	1.881,10	21.463,70	23.344,80
Electrodo 6013 Ø4mm	Kg	10	0,8967	1,8445	8,97	18,45	27,41
<b>Energía</b>							
Máquina Soldar	Kw	840,00		0,1686		141,62	141,62
Torno	Kw	12,48		0,1686		0,00	0,00
Fresa	Kw	14,00		0,1686		0,00	0,00
<b>Mano de Obra</b>			<b>Sal./Hr</b>	<b>Vacac.</b>	<b>Imp. FT</b>	<b>Seg. Soc.</b>	
Soldador A	h	40	1,90	6,91	12,44	10,36	105,71
Tornero A	h	2	1,87	0,34	0,61	0,51	1,02
Fresador A	h	2	1,87	0,34	0,61	0,51	1,02
<b>Costo Total</b>					<b>2.042,92</b>	<b>22.137,27</b>	<b>24.180,18</b>
<b>Costo Total del Manipulador</b>					<b>3.635,19</b>	<b>38.261,67</b>	<b>41.896,86</b>

## 2.6. Impacto ambiental.

El proceso de producción de aceros trae consigo una alta generación de desechos agresivos al medio ambiente, debido a esto la empresa prioriza el desarrollo de trabajos encaminados a disminuir el impacto negativo sobre éste, por este concepto, la empresa cuenta desde el 2010 con el Premio a la calidad medioambiental.

Este trabajo, forma parte de esos trabajos, con los cuales se disminuye la emisión de desechos contaminantes, debido a que con la utilización del Manipulador de Lanzas se logra una mayor homogenización de todos los componentes químicos de la fundición, lo que trae consigo un mayor aprovechamiento de todos los materiales utilizados y una disminución considerable en la cantidad de desechos generados, tales como los óxidos de hierro, óxidos de plomo, óxidos de azufre, óxidos de zinc, entre otros.

## **2.7. Impacto en la preparación para la defensa.**

La empresa ACINOX - Las Tunas no solo juega un papel fundamental en la economía del país al aportar a su Producto Interno Bruto ascendente a más de 2 000 000 USD mensuales, sino que en la preparación para la defensa del mismo se encuentra entre las entidades punteras en esta área debido a que mantiene un programa de capacitación en términos militares, en ¿cómo actuar ante una situación de amenaza a la integridad de La Patria?, a la totalidad de sus más de 1200 trabajadores.

Por otra parte, un por ciento de su producción de barras se destina a la Reserva del Estado, pero ante una situación eminente de peligro, la misión es seguir produciendo bajo cualquier circunstancia, con el objetivo de que la totalidad de la producción de barras de acero sea destinada a la fabricación de estructuras, puentes, refugios, entre otros elementos. Además suministrar acero a otras entidades que en estas situaciones también se ponen en función de producir material de guerra tales como la Fábrica “26 de Julio”, en Holguín, y “Planta Mecánica”, en Camagüey.

## **CONCLUSIONES**

- 1- Se realizó un estudio bibliográfico amplio sobre el proceso de fabricación de aceros, los distintos tipos de hornos que se utilizan y equipos inyectoros de oxígeno y carbono, lo cual resultó ser la base para caracterizar el proceso de elaboración de aceros con el uso del Horno de Arco Eléctrico, el uso del equipo Manipulador de Lanzas en el proceso de inyección de oxígeno y carbono.
- 2- Se desarrolló un análisis de los principales fallos del equipo Manipulador de Lanzas en ACINOX - Las Tunas durante su período de funcionamiento, determinando sus causas fundamentales.
- 3- Se realizaron estudios mediante el Software SolidWorks a los principales mecanismos que estarán sometidos a cargas.
- 4- Se elaboraron tecnologías de fabricación, aplicando el software WinRegiCAC para torno, el software WINREGF para el fresado y el software Taladro para taladrado, éstas adaptadas a las condiciones del taller de pailería y maquinado de la empresa ACINOX - Las Tunas, donde se fabricará el equipo Manipulador de Lanzas.
- 5- Se realizó un análisis económico de las alternativas existentes para poner en funcionamiento este equipo, comparando la variante de importarlo a un precio elevado contra la fabricación propia con un costo mínimo.

## **RECOMENDACIONES**

1. Fabricar el nuevo equipo rediseñado en la propia entidad, lo cual constituye la mejor variante económica.
2. Elaborar un ciclo de mantenimiento, de forma tal que se garantice la disminución de los tiempos de afectación al proceso productivo.
3. Realizar un estudio para la optimización de la propuesta del equipo manipulador de lanzas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aceros Soviéticos. Especificaciones y recomendaciones para su empleo y tratamiento térmico.
2. ACINOX. Grupo de Informática. Sitio Comercial de ACINOX - Las Tunas. Disponible en: <http://www.acinoxtunas.co.cu>. Consultado: 26/10/2014.
3. ACINOX. Grupo de Ingeniería de Mantenimiento. Documentación Técnica del equipo Manipulador de Lanzas. Las Tunas. Cuba. 2014.
4. ACINOX. Grupo de Programación y Control de Mantenimiento. Control histórico del equipo 30046 Manipulador de Lanzas. Las Tunas. Cuba. 2014.
5. A.L.Casillas Máquinas y cálculos de taller, Cuba, 1969.
6. Anatoli Nicolaev Maquinas Herramientas Tomo I, Cuba, 1972.
7. A.P GULIÁEV Metalografía Tomo II 1978-1983.
8. Aldabaldetrecu, Patxi (2000). Máquinas y hombres, Fundación Museo de Máquina Herramienta. Elgóibar. Guipúzcoa. ISBN 84-607-0156-5.
9. Comité Estatal de Finanzas Sistema Nacional de Contabilidad. Normas y procedimientos, 1993.
10. Cuba industria. El sitio web de la industria cubana. Grupos Industriales del SIME Disponible en [http://www.cubaindustria.cu/webs/grupos\\_industriales.htm](http://www.cubaindustria.cu/webs/grupos_industriales.htm). Consultado: 19/12/2014.
11. Corbeil Claude Jean Diccionario Visual en inglés ISBN 978-84.
12. Cruz Teruel, Francisco (2005). Control numérico y programación, Marcombo, Ediciones técnicas (Madrid). ISBN 84-267-1359-9.
13. Grupo ALBA. Lanzas de Oxígeno. Disponible en <http://www.albacut.com/es/machines/oxygen-lances.html>. Consultado: 20/12/2014.
14. Grupo de Control de Calidad ACINOX. (2000). Manual de Instrucciones para la Acería. Proceso 02. HAE.
15. Historia y datos del acero. Disponible en [http://www.taringa.net/mapa-del-sitio/El-Acero\(historia-datos,-etc\).html](http://www.taringa.net/mapa-del-sitio/El-Acero(historia-datos,-etc).html). Consultado: 24/10/2014.

16. Holm, Ivar (2006). Ideas and Beliefs in Architecture and Industrial design: How attitudes, orientations, and underlying assumptions shape the built environment. Oslo School of Architecture and Design. ISBN 82-547-0174-1.
17. Horno de arco eléctrico, Historia y Ventajas para la fabricación de acero, Las cuestiones ambientales. Disponible en [http://campodocs.com/articulos-utiles/article\\_105658.html](http://campodocs.com/articulos-utiles/article_105658.html) Consultado: 20/12/2014.
18. Kalpakjian, Serope; Schmid, Steven R. (2002). Procesos de maquinado para producir formas diversas, Pearson educación (ed.). Manufactura, ingeniería y tecnología, Gabriel Sánchez García (trad.), 4ª edición, México. ISBN 978-970-26-0137-1.
19. Larbáburu Arrizabalaga, Nicolás (2004). Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas., Madrid: Thomson Editores. ISBN 84-283-1968-5.
20. Lasheras, José María (2002). Máquinas herramientas: fresadoras, Tecnología Mecánica y Metrotecnica, 8ª edición, España: Editorial Donostiarra. ISBN 978-84-368-1663-1.
21. M.A. ZHIDELEV y B.P. NIKITIN "Manual de Maquinas.
22. Metodología de la investigación. Conceptos y definiciones. Tomado de Glosarios de Ciencia. CITMA 2007.
23. Moreira, Vladimir. (2014). Especificaciones del diseño tecnológico en el Horno de Arco Eléctrico. Tecnólogo de Proceso del área de Elaboración de la empresa ACINOX Las Tunas. Información suministrada: 20/11/2014.
24. Moholy-Nagy, (1895 – 1946).
25. MTAG Technology. Manipuladores de lanza de muestreo y medición. Disponible en <http://www.mtag-technology.com/Spanish/MLMes.html>. Consultado: 20/12/2014.
26. Norma AWS (American Welding Society) Selección de electrodos.
27. Norma cubana de preparaciones de borde NC 08 – 06:84.
28. Norma cubana NC 06-79:85 Elementos de fijación, Cuba, 1985. Millán Gómez, Simón (2006). Procedimientos de Mecanizado, Madrid: Editorial Paraninfo. ISBN 84-9732-428-5.

29. Norma GOST 380 – 71.
30. Norma GOST 8239-56 ,8240-56, 8509-57, 8510-57. Tablas del surtido de perfiles laminados.
31. Norma NC-ISO57-39:84, Aceros y sus laminados.
32. Oberg. Jones. Manual universal de la técnica mecánica Tomo II.
33. Praxair México. Inyección directa de Oxígeno para la fabricación de metal. Disponible en <http://www.praxair.com.mx/industries/metal-production/direct-oxygen-injection-for-metal-production>. Consultado: 20/12/2014.
34. Preston, R., *American Steel*. Avon Books, New York, 1991.
35. Principios del diseño universal (en inglés). Disponible en [http://www.design.ncsu.edu/cud/about\\_ud/udprinciples.htm](http://www.design.ncsu.edu/cud/about_ud/udprinciples.htm) . Consultado: 20/12/2014.
36. Resistencia de materiales P.A.STIOPIN. Perfiles y canales.
37. Rivero Inés Rosa. Mejoras para equipos y procesos en actividades relacionadas con la producción de acero. Venezuela. 2006.
38. Rosanas Marti, Joseph Ma. y Fredes Ballarín Eduardo. Contabilidad de costes para toma de decisiones. Editorial Desclée de Brower. S.A. 1986.
39. Rodríguez, Orlando y Corugedo, Ángel. Dibujo Aplicado para Ingenieros. ENPES, Tomo I 1–264; Tomo II 1-347, 1985
40. Rodríguez, Orlando y otros, Manual de Prácticas de Dibujo Aplicado. ENPES, 1986, pág. 327.
41. Sandvik Coromant (2006). Guía Técnica de Mecanizado, AB Sandvik Coromant 2005.10.
42. Seferian Daniel, 2003 Cálculo de temperatura de precalentamiento.
43. Shigley, Joseph Edward y Charles R. Mishke, en su obra Diseño en ingeniería mecánica (Mechanical Engineering Design), publicada en 1989.
44. Stoner, James. Administración. 5ta. Edición.
45. Torres Alpízar Eduardo, 2003 Determinación de tecnologías de soldaduras por arco eléctrico.

46. Varios autores (1984). Enciclopedia de Ciencia y Técnica, Salvat Editores S.A. ISBN 84-345-4490-3.
47. Varios autores (2005). Problemas resueltos de Tecnología de Fabricación, Thomson Editores Spain. ISBN 84-9732-345-9.
48. Velázquez Labrada, Yadira. Sistema de gestión contable medioambiental para la industria siderúrgica. Las Tunas. Cuba. 2014.

# ANEXOS

Anexo1. Oferta para la adquisición del Manipulador de Lanzas.

**Walter Brinkmann GmbH & Co. KG • P.O. Box 11 29 • 58771 Werdohl**

**ACINOX – TUNAS**

**Ing. Jorge Leon**

**Brasilien**

**Email: electricos@acinoxtunas.co.cu**

<b>Your Ref.</b>	<b>Our Ref.</b>	<b>Tel. (02392) 9187-</b>	<b>Werdohl,</b>
	VNO-kmo	-36	03.07.2015

**Your inquiry per e-mail dd. 29.03.06**

**Your ref.: Cotizacion**

Dear Mr. Jorge Leon,

following we submit you our

**Offer No. 0-06-9608**

concerning

1 Piece bearing Pos. 44

acc. to drawing no. A-98-7250-1-31

**for the price of € 2.160,00/Piece**

1 Piece bearing Pos. 43

acc. to drawing no. A-98-7250-1-31

**for the price of € 3.360,00/Piece**

---

## **FURNACE & PLANT CONSTRUCTION**

Walter Brinkmann GmbH & Co.KG

AG Iserlohn HRA 3933

Landesbank

Komplementär:

Gewerbestr. 12,

St-Nr. 302/5750/1006

Baden-Württemberg

Gautschi

Wärmetechnik GmbH,

D-58791 Werdohl

UST-ID-Nr.: DE 811 246 904 (BLZ: 600 501 01) Konto 268 73 42 Düsseldorf

Tel.: ++49(0)2392-9187-0

Fax: ++49(0)2392-9187-50

General Manager:

S.W.I.F.T. Code:

AG Düsseldorf HRB

39392

Homepage:.. www.walter-brinkmann.com

Mark Herriger

SOLA DE ST General

Manager:

E-Mail:info@walter-brinkmann.com

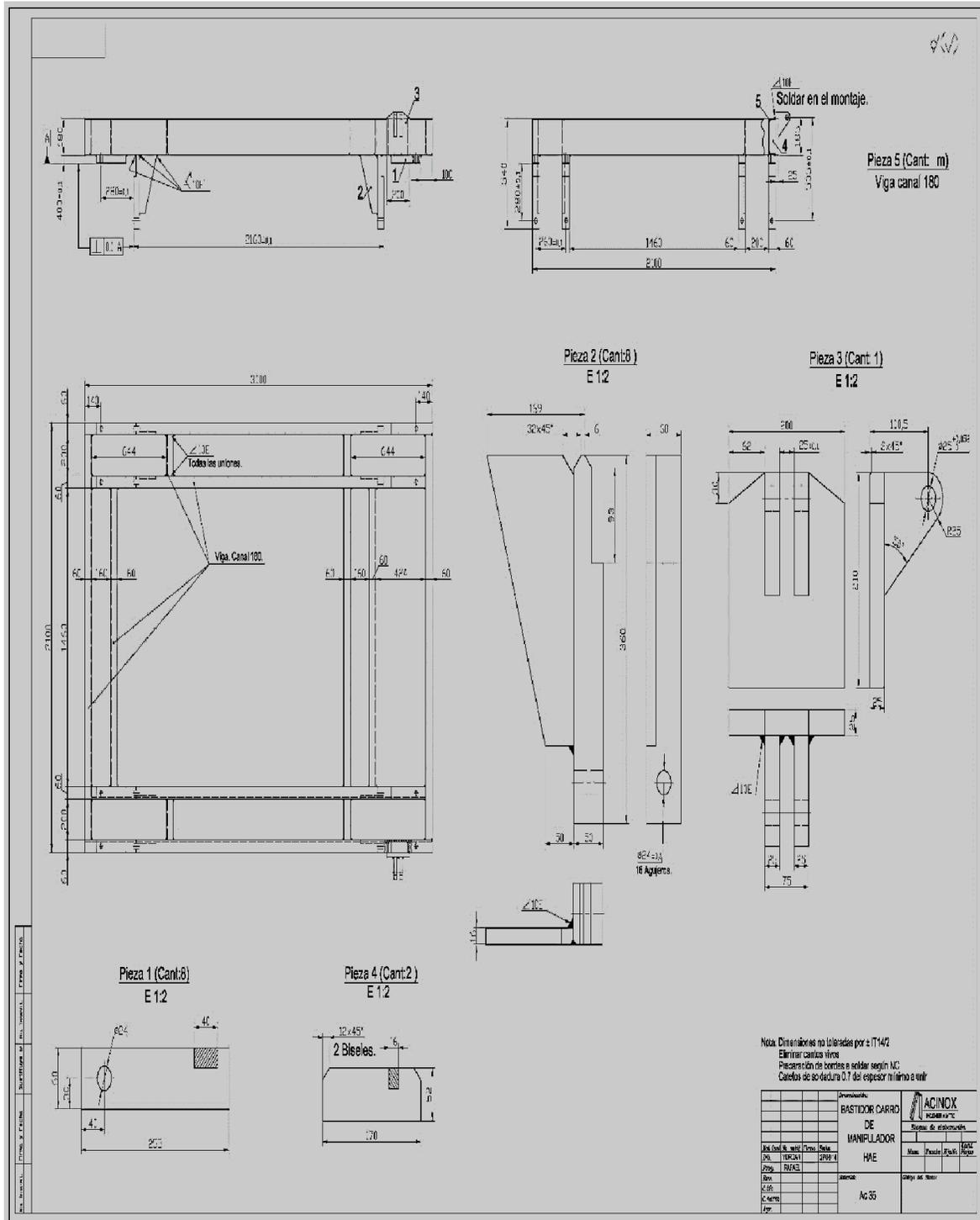
IBAN-No. Dr. Hans

Rinnhofer

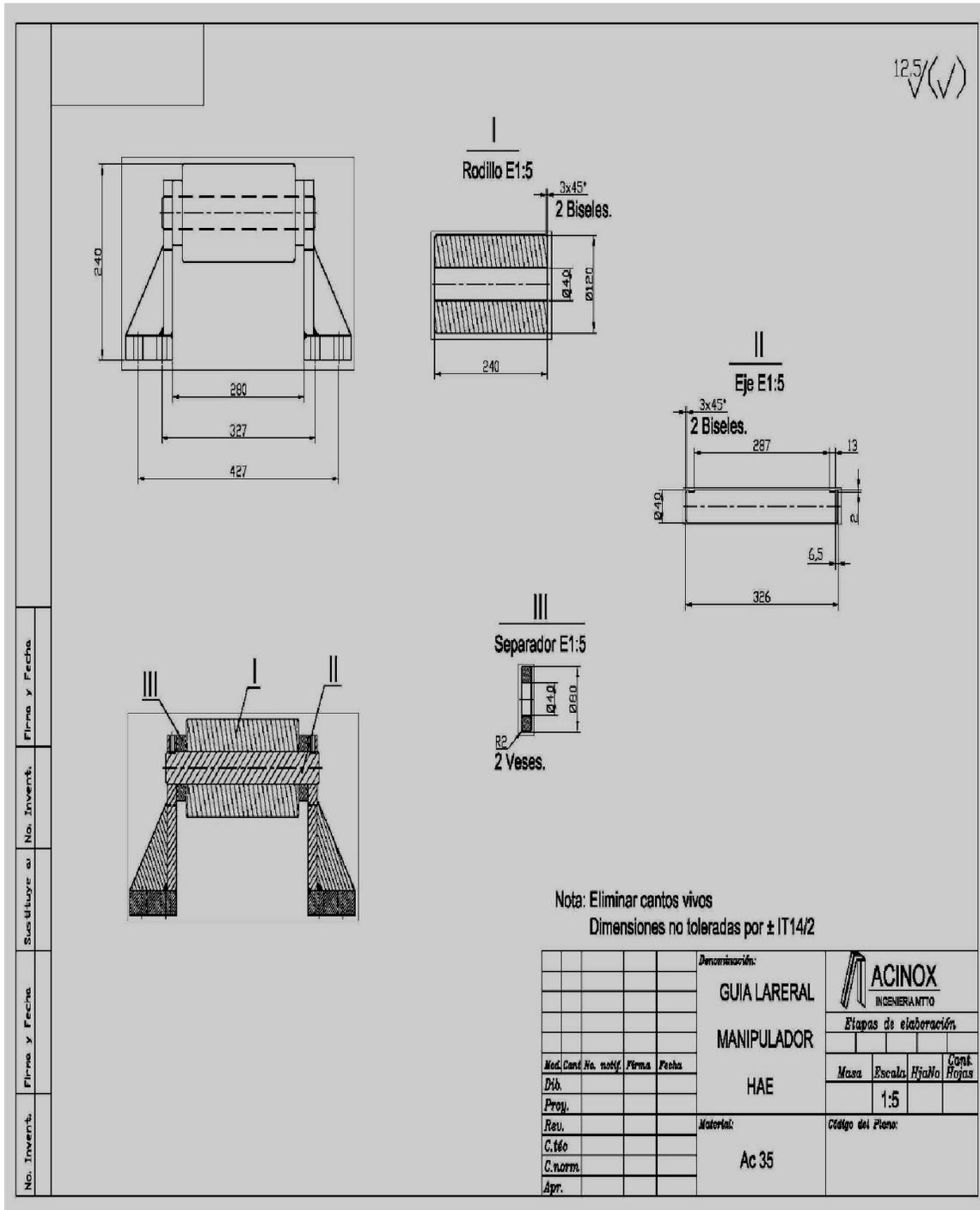
DE54 6005 0101 0002 6873 42



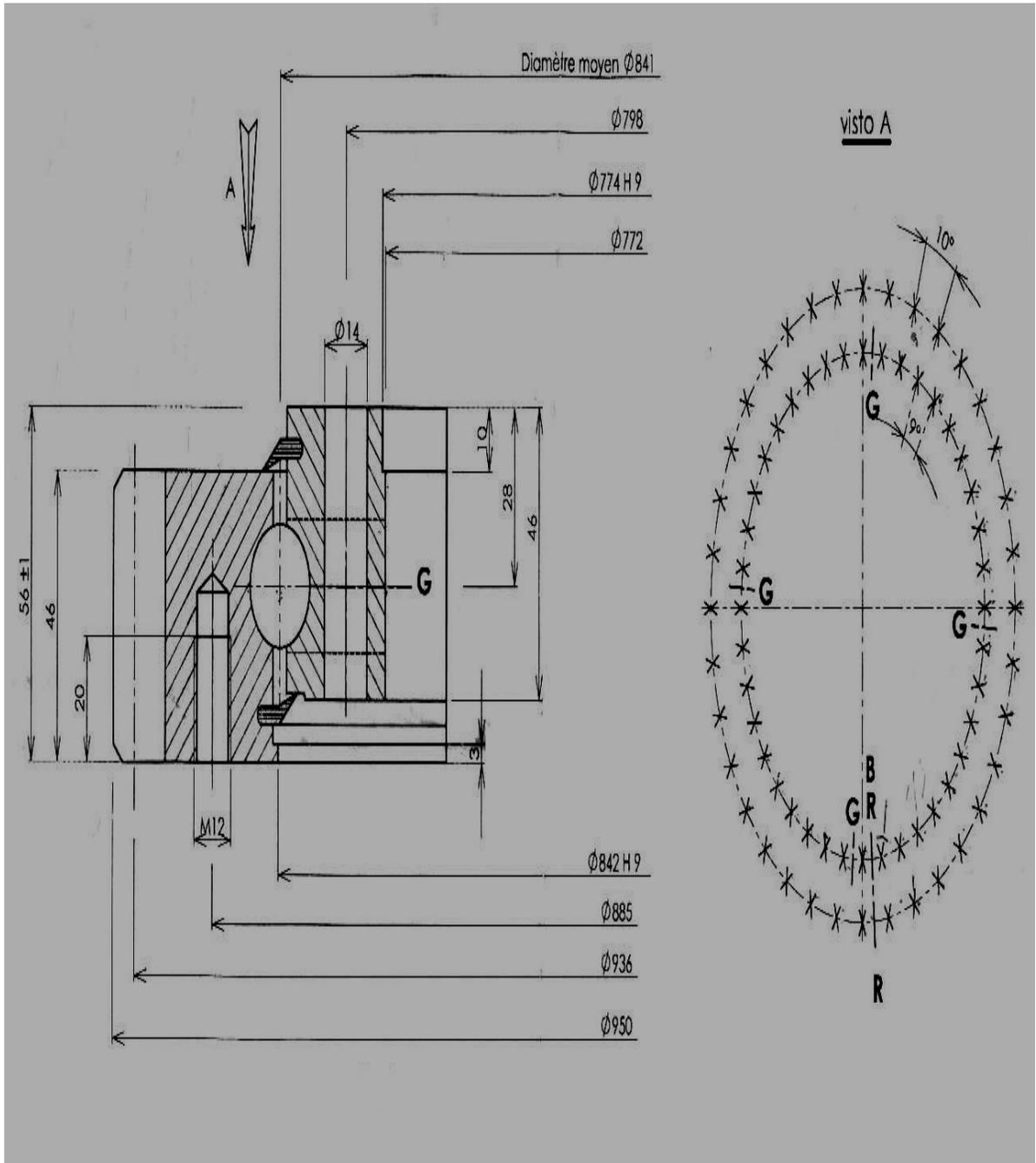
### Anexo 3. Plano del bastidor del carro del nuevo Manipulador de Lanzas.



Anexo 4. Plano de la guía lateral del nuevo Manipulador de Lanzas.



Anexo 5. Plano del rodamiento Rolix.



Anexo 6. Aval de la Empresa.



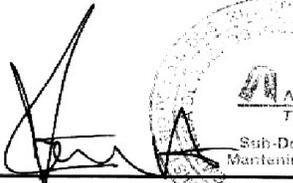
**MINISTERIO DE INDUSTRIAS**

**Las Tunas, 16 de enero de 2015**  
**"Año 57 de la Revolución"**

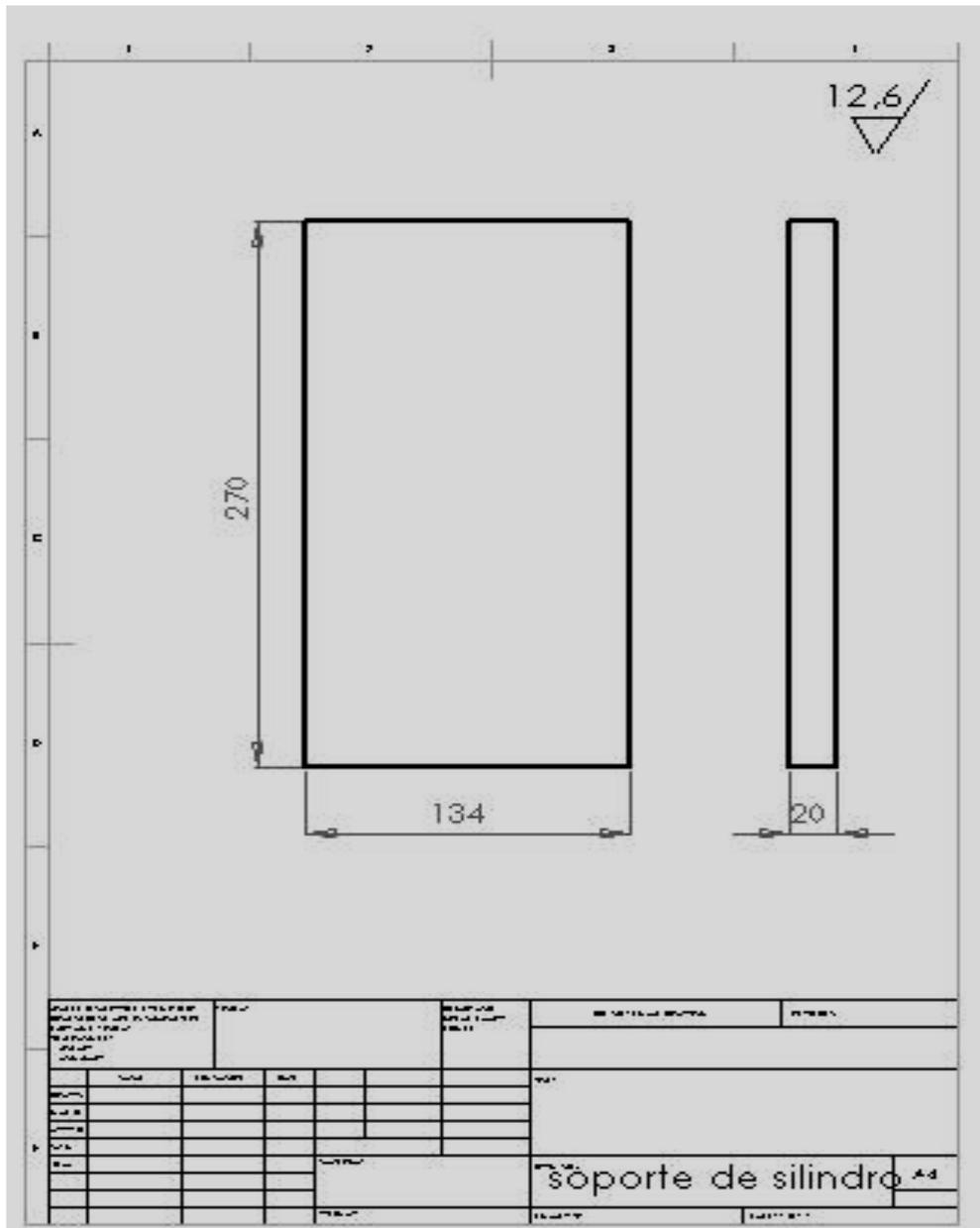
**A: Jefe de Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya" Msc. Alberto Carballo Reyes**  
**De: Director de Mantenimiento ACINOX LAS TUNAS Ing. Jorge Luis León Hernández**

Por medio de la presente le solicito a usted que sea incluido en los temas de investigación de la carrera de Ingeniería Mecánica, el proyecto consistente en el diseño de un nuevo tipo de manipulador de lanzas, debido a la importancia que traerá para los resultados productivos y económicos de la empresa, ya que resolverá un problema que afecta estos indicadores en la actualidad. También tomamos en consideración la disminución del riesgo humano que traerá consigo la aplicación de este proyecto.

Además, la propuesta de diseño ofrece la posibilidad de desarrollarse en la entidad sin afectar la ficha de costo, ayudando a la disminución de las importaciones, aspecto a tener en consideración en todos los renglones económicos.

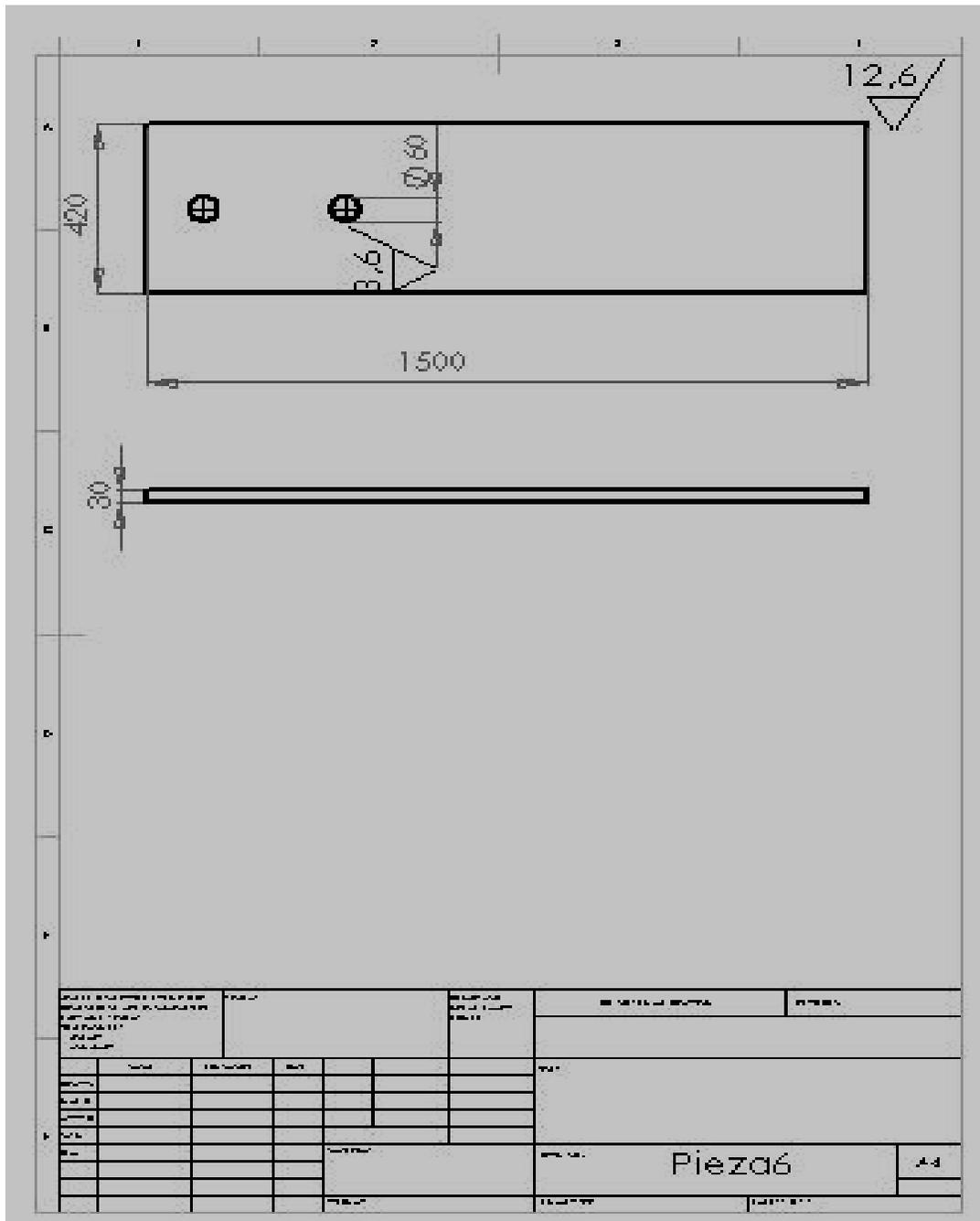
  
  
**Ing. Jorge Luis León Hernández**  
**Director de Mantenimiento**  
**ACINOX LAS TUNAS**

ANEXO 7. Plano tecnológico de base del cilindro.



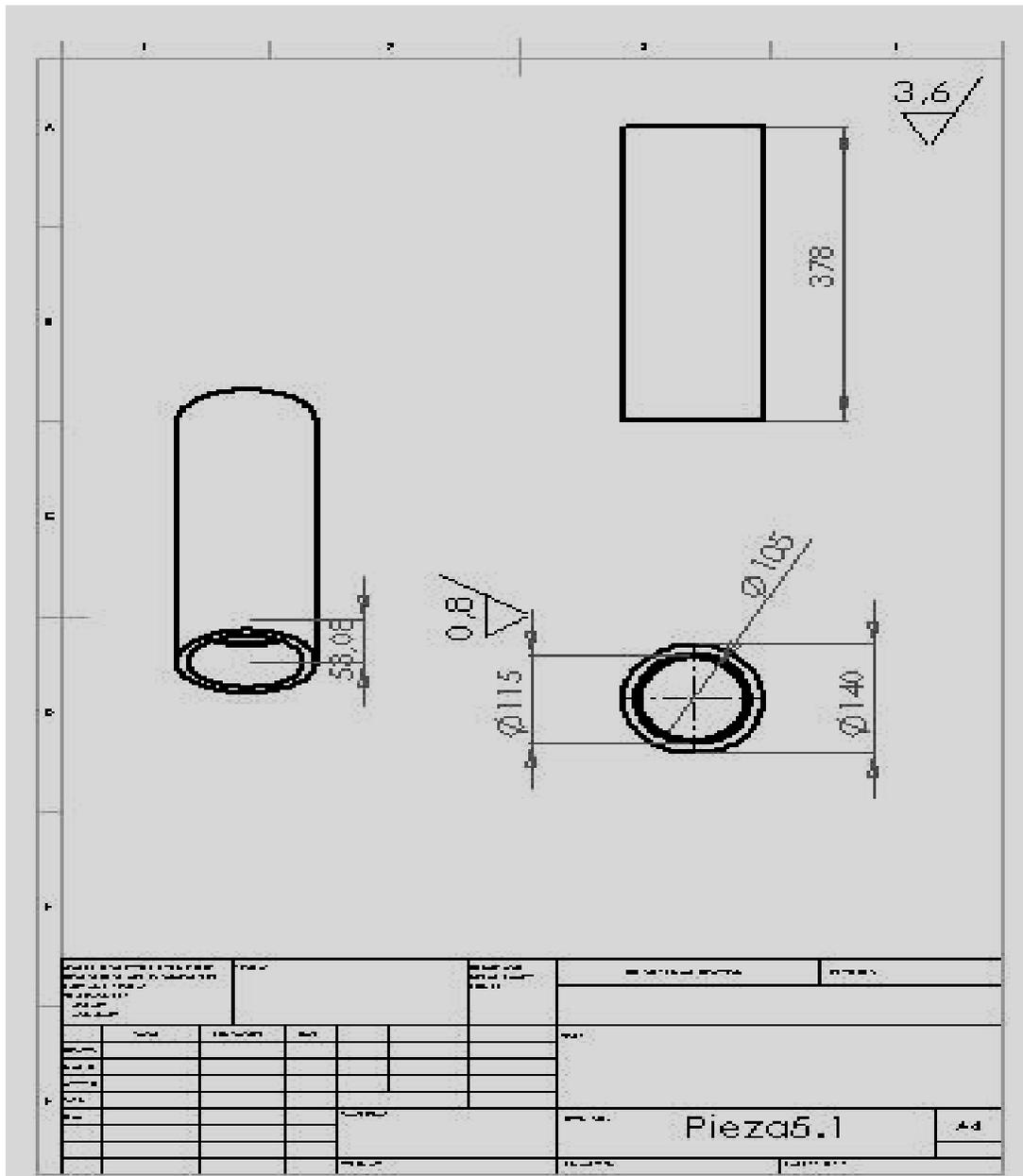


ANEXO 9. Plano tecnológico de base de soporte del porta-lanzas.





ANEXO 11. Plano tecnológico de casquillo del porta-lanzas.





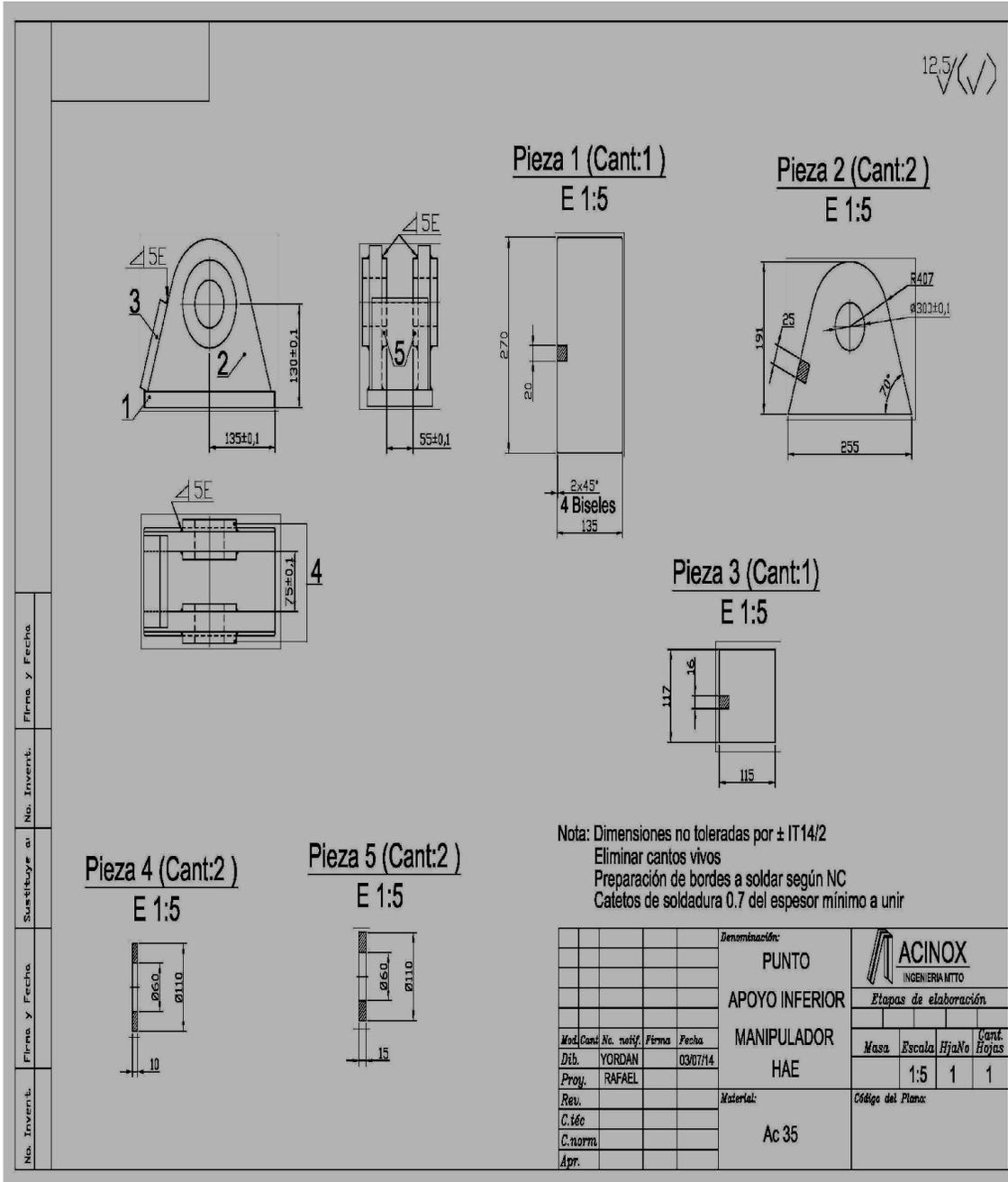








ANEXO 17. Planos tecnológicos de apoyos de cilindros.



ANEXO18. Carta tecnológica para la fabricación de los pasadores de cilindros.

No.	Operación	Equipo	Descripción	R.P.M.	Avance	P. Corte.	Útiles y Herramientas
1	CORTE	Sierra Sinfin 310E	Cortar Barra de acero45 Ø65 Long. 205				Pie de rey 0-200mm
2	C. CALIDAD		Verificar dimensiones				Pie de rey 0-200mm
3	TRATAMIENTO TERMICO	Horno de Tratamiento Térmico	- Temple 820-840 (enfriar en agua) - Revenido 560-600 (enfriar con aire) - Para alcanzar dureza de 241-285HB				Durómetro
4	C. CALIDAD		Ensayo de dureza				Durómetro
5	TORNEADO	Torno 1M63	- Montar en plato universal dejando fuera long. 40mm - Refrentar a limpiar cara - Hacer bisel 1x45° - Hacer centro según plano - Desmontar pieza e invertir dejando fuera 40mm - Refrentar y dar longitud de 200mm - Hacer bisel 1x45° - Hacer centro según plano - Montar pieza entre punto con punto de arrastre en lado del cabezal del torno - Cilindrar a Ø60.3mm en toda la longitud	400	1.07	4.7	- Cuchilla 45° - Porta broca - Broca de centro Ø2.5 - Pie de rey
6	C. CALIDAD		- Verificar Ø60.3mm, long. 200mm y centros elaborados				Pie de rey 0-200mm
7	RECTIFICADO	Rectificador a MB3Y-142	- Montar entre puntos, con punto de arrastre - Rectificar a Ø60 (0-0.019) mm			0.3	Micrómetro
8	C. CALIDAD		- Verificar Ø60 (0-0.19) mm				Micrómetro

ANEXO 19. Carta tecnológica para la fabricación de los pasadores de las guías Latr.

No.	Operación	Equipo	Descripción	R.P.M.	Avance	P. Corte.	Útiles y Herramientas
1	CORTE	Sierra Sinfin 310E	Cortar Barra de acero 45 Ø45 Long. 326				Pie de rey y 0-300 mm
2	C. CALIDAD		Verificar dimensiones				Pie de rey 0-300 mm
3	TRATAMIENTO TERMICO	Horno de Tratamiento Térmico	- Temple 820-840 (enfriar en agua) - Revenido 560-600 (enfriar con aire) - Para alcanzar dureza de 241-285HB				Durómetro
4	C. CALIDAD		Ensayo de dureza				Durómetro
5	TORNEADO	Torno 1M63	- Montar en plato universal dejando fuera long. 40mm - Refrentar a limpiar cara - Hacer bisel 1x45° - Hacer centro según plano - Desmontar pieza e invertir dejando fuera 40mm - Refrentar y dar longitud de 326mm - Hacer bisel 1x45° - Hacer centro según plano - Montar pieza entre punto con punto de arrastre en lado del cabezal del torno - Cilindrar a Ø40.3mm en toda la longitud	500	1.5	4.7	- Cuchilla 45°  - Porta broca  - Broca de centro Ø2.5  - Pie de rey
6	C. CALIDAD		- Verificar Ø40.3mm, long. 326mm y centros elaborados				Pie de rey 0-300mm
7	RECTIFICADO	Rectificador a MB3Y-142	- Montar entre puntos, con punto de arrastre - Rectificar a Ø40 (0-0.019) mm			0.3	Micrómetro
8	C. CALIDAD		- Verificar Ø40 (0-0.19) mm				Micrómetro

ANEXO 20. Carta tecnológica para la fabricación de los separadores de las guías L.

No.	Operación	Equipo	Descripción	R.P.M.	Avance	P. Corte.	Útiles y Herramientas
1	CORTE	Sierra Sinfin 310E	Cortar Barra de acero 45 Ø85 Long. 120mm				Pie de rey 0-200mm
2	C. CALIDAD		Verificar dimensiones				Pie de rey 0-200mm
3	TRATAMIENTO TERMICO	Horno de Tratamiento Térmico	-Temple 820-840 (enfriar en agua) -Revenido 560-600 (enfriar con aire) -Para alcanzar dureza de 241-285HB				Durómetro
4	C. CALIDAD		Ensayo de dureza				Durómetro
5	TORNEADO	Torno 1M63	- Montar en plato universal dejando fuera long. 60mm - Refrentar a limpiar cara - Hacer bisel 1x45° - Taladrar agujero según plano - Cilindrar interior a Ø40mm - Cilindrar exterior a Ø80mm - Hacer bisel 1x45° - Tronzar 8 separadores a 10mm de longitud.	250	0.85	5	- Cuchilla 45° - Cuchilla de cilindrar Interior. - cuchilla de tronzar. - Broca de Ø20, 30 y 35mm - Pie de rey
6	C. CALIDAD		- Verificar Ø80mm, Ø40 y long. 10mm.				Pie de rey 0-200mm

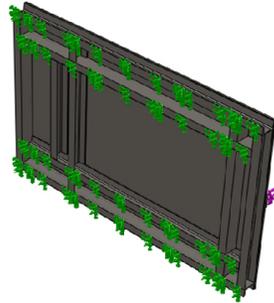
ANEXO 21. Carta tecnológica para la fabricación de 4 casquillos para las bases de los cilindros.

No.	Operación	Equipo	Descripción	R.P.M.	Avance	P. Corte.	Útiles y Herramientas
1	CORTE	Sierra Sinfín 310E	Cortar Barra de acero 45 Ø115 Long. 150mm				Pie de rey 0-200mm
2	C. CALIDAD		Verificar dimensiones				Pie de rey 0-200mm
5	TORNEADO	Torno 1M63	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montar en plato universal dejando fuera long. 110mm.</li> <li>- Refrentar a limpiar cara</li> <li>- Taladrar agujero según plano</li> <li>- Cilindrar interior a Ø60mm</li> <li>- Cilindrar exterior a Ø110mm</li> <li>- Hacer bisel 1x45°</li> <li>- Tronzar 4 separadores a 25mm de longitud.</li> </ul>	250	0.85	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuchilla 45°</li> <li>- Cuchilla de cilindrar Interior.</li> <li>- cuchilla de tronzar.</li> <li>- Broca de Ø20, 30, 40, 50 y 55mm</li> <li>- Pie de rey</li> </ul>
6	C. CALIDAD		- Verificar Ø110mm y long. 25mm.				Pie de rey 0-200mm

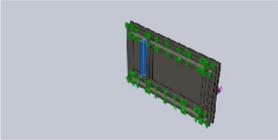
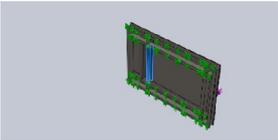
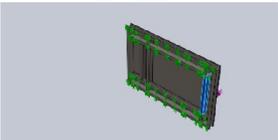
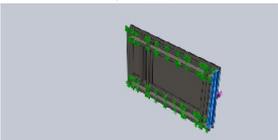
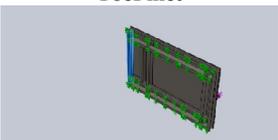
ANEXO 22. Carta tecnológica para la fabricación de los rodillos de las guías laterales.

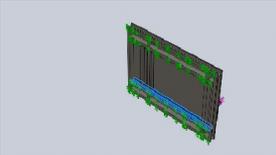
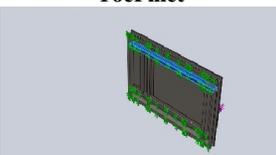
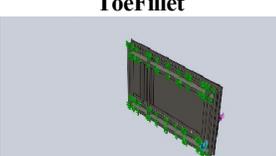
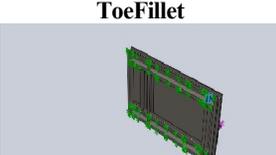
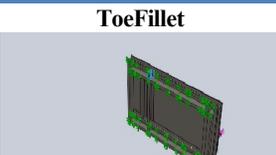
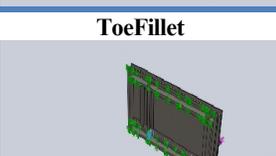
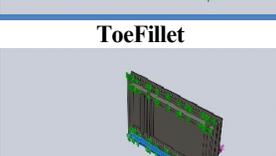
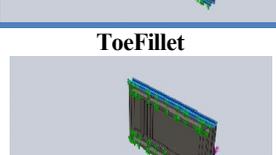
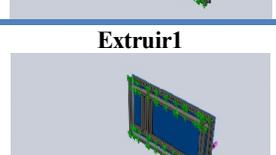
No.	Operación	Equipo	Descripción	R.P.M.	Avance	P. Corte.	Útiles y Herramientas
1	CORTE	Sierra Sinfin 310E	Cortar Barra de acero45 Ø130 Long. 245				Pie de rey 0-300mm
2	C. CALIDAD		Verificar dimensiones				Pie de rey 0-300mm
5	TORNEADO	Torno 1M63	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montar en plato universal dejando fuera long. 40mm</li> <li>- Refrentar a limpiar cara</li> <li>- Hacer centro según plano</li> <li>- Desmontar pieza e invertir dejando fuera 40mm</li> <li>- Refrentar y dar longitud de 240mm</li> <li>- Hacer bisel 1x45°</li> <li>- Hacer centro según plano</li> <li>- Montar pieza entre punto con punto de arrastre en lado del cabezal del torno</li> <li>- Cilindrar a Ø125mm en toda la longitud.</li> <li>- Desmontar pieza y montar en plato dejando fuera 40mm de longitud.</li> <li>- Taladrar agujero de Ø40mm según plano.</li> <li>- Hacer bisel 1x45°</li> </ul>	200	1	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuchilla 45°</li> <li>- Cuchilla de cilindrar interior.</li> <li>- Porta broca</li> <li>- Broca de centro Ø2.5</li> <li>- Pie de rey</li> <li>- Brocas de Ø20,30 y 35mm</li> </ul>
6	C. CALIDAD		- Verificar Ø125mm, long. 240mm y agujero de Ø40.				Pie de rey 0-300mm

ANEXO 23. Informe de estudio de resistencia del mecanismo de traslación del manipulador.



Nombre del modelo: **Ensamblaje de la plancha base**  
 Configuración actual: **Predeterminado**

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<b>ToeFillet</b> 	<b>Sólido</b>	Masa:32.8835 kg Volumen:0.00418899 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:322.259 N	F:\arcel\1340mm.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:50 2015</b>
<b>ToeFillet</b> 	<b>Sólido</b>	Masa:32.8835 kg Volumen:0.00418899 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:322.259 N	F:\arcel\1340mm.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:50 2015</b>
<b>ToeFillet</b> 	<b>Sólido</b>	Masa:32.8835 kg Volumen:0.00418899 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:322.259 N	F:\arcel\1340mm.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:50 2015</b>
<b>ToeFillet</b> 	<b>Sólido</b>	Masa:48.412 kg Volumen:0.00616713 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:474.438 N	F:\arcel\1860.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:50 2015</b>
<b>ToeFillet</b> 	<b>Sólido</b>	Masa:48.412 kg Volumen:0.00616713 m <sup>3</sup> Densidad:7850 kg/m <sup>3</sup> Peso:474.438 N	F:\arcel\1860.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:50 2015</b>

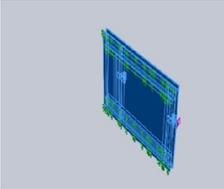
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:75.8152 kg  Volumen:0.00965798 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:742.989 N</p>	<p>F:\arcel\1980mm.SLDPRT  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:75.8152 kg  Volumen:0.00965798 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:742.989 N</p>	<p>F:\arcel\1980mm.SLDPRT  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:5.3729 kg  Volumen:0.000684446 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:52.6544 N</p>	<p>F:\arcel\200mm.SLDPRT  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:5.3729 kg  Volumen:0.000684446 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:52.6544 N</p>	<p>F:\arcel\200mm.SLDPRT  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:5.3729 kg  Volumen:0.000684446 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:52.6544 N</p>	<p>F:\arcel\200mm.SLDPRT  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:5.3729 kg  Volumen:0.000684446 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:52.6544 N</p>	<p>F:\arcel\200mm.SLDPRT  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:80.5976 kg  Volumen:0.0102672 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:789.856 N</p>	<p>F:\arcel\3000mm.sldprt  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>ToeFillet</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:80.5976 kg  Volumen:0.0102672 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:789.856 N</p>	<p>F:\arcel\3000mm.sldprt  <b>Jun 12 10:08:50 2015</b></p>
<p><b>Extruir1</b></p> 	<p><b>Sólido</b></p>	<p>Masa:932.58 kg  Volumen:0.1188 m<sup>3</sup>  Densidad:7850 kg/m<sup>3</sup>  Peso:9139.28 N</p>	<p>F:\arcel\Chapa.SLDPRT  <b>Jun 12 10:08:46 2015</b></p>

<b>Extruir1</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 1.10214 kg Volumen: 0.0001404 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 10.801 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\piesa cilindro3.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>
<b>Redondeo7</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 6.27249 kg Volumen: 0.000799043 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 61.4704 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\soporte cilindro.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>
<b>Redondeo7</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 6.27249 kg Volumen: 0.000799043 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 61.4704 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\soporte cilindro2.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>
<b>Extruir1</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 7.11084 kg Volumen: 0.00090584 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 69.6863 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\soporte de cilindro.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>
<b>Extruir1</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 1.10214 kg Volumen: 0.0001404 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 10.801 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\piesa cilindro3.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>
<b>Redondeo7</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 6.27249 kg Volumen: 0.000799043 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 61.4704 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\soporte cilindro.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>
<b>Redondeo7</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 6.27249 kg Volumen: 0.000799043 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 61.4704 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\soporte cilindro2.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>
<b>Extruir1</b>	<b>Sólido</b>	Masa: 7.11084 kg Volumen: 0.00090584 m <sup>3</sup> Densidad: 7850 kg/m <sup>3</sup> Peso: 69.6863 N	F:\arcel\Soporte de cilindro\soporte de cilindro.SLDPRT <b>Jun 12 10:08:52 2015</b>

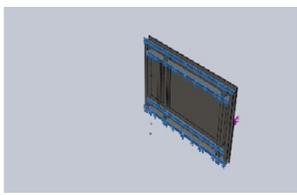
### Propiedades del estudio.

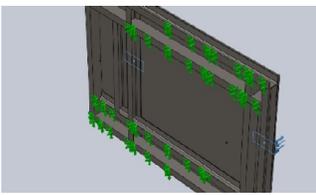
<b>Nombre de estudio</b>	Análisis estático 1
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Efecto térmico:</b>	Activar
<b>Opción térmica</b>	Incluir cargas térmicas
<b>Temperatura a tensión cero</b>	298 Kelvin
<b>Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation</b>	Desactivar
<b>Tipo de solver</b>	FFEPlus
<b>Efecto de rigidización por tensión (Inplane):</b>	Desactivar
<b>Muelle blando:</b>	Desactivar
<b>Desahogo inercial:</b>	Desactivar
<b>Opciones de unión rígida incompatibles</b>	Automática
<b>Gran desplazamiento</b>	Desactivar
<b>Calcular fuerzas de cuerpo libre</b>	Activar
<b>Fricción</b>	Desactivar
<b>Utilizar método adaptativo:</b>	Desactivar
<b>Carpeta de resultados</b>	Documento de SolidWorks (F:\arcel)

## Propiedades del material.

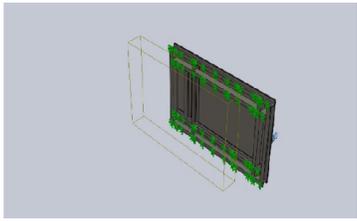
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes																				
	<table border="1"> <tr> <td>Nombre:</td> <td>AISI 1035 Acero (SS)</td> </tr> <tr> <td>Tipo de modelo:</td> <td>Isotrópico elástico lineal</td> </tr> <tr> <td>Criterio de error predeterminado:</td> <td>Tensión máxima de von Mises</td> </tr> <tr> <td>Límite elástico:</td> <td>2.82685e+008 N/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Límite de tracción:</td> <td>5.85e+008 N/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Módulo elástico:</td> <td>2.05e+011 N/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de Poisson:</td> <td>0.29</td> </tr> <tr> <td>Densidad:</td> <td>7850 kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Módulo cortante:</td> <td>8e+010 N/m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de dilatación térmica:</td> <td>1.1e-005 /Kelvin</td> </tr> </table>	Nombre:	AISI 1035 Acero (SS)	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises	Límite elástico:	2.82685e+008 N/m <sup>2</sup>	Límite de tracción:	5.85e+008 N/m <sup>2</sup>	Módulo elástico:	2.05e+011 N/m <sup>2</sup>	Coefficiente de Poisson:	0.29	Densidad:	7850 kg/m <sup>3</sup>	Módulo cortante:	8e+010 N/m <sup>2</sup>	Coefficiente de dilatación térmica:	1.1e-005 /Kelvin	<p>Sólido 1(ToeFillet)(1340mm-1),  Sólido 1(ToeFillet)(1340mm-2),  Sólido 1(ToeFillet)(1340mm-3),  Sólido 1(ToeFillet)(1860-3),  Sólido 1(ToeFillet)(1860-4),  Sólido 1(ToeFillet)(1980mm-3),  Sólido 1(ToeFillet)(1980mm-4),  Sólido 1(ToeFillet)(200mm-1),  Sólido 1(ToeFillet)(200mm-2),  Sólido 1(ToeFillet)(200mm-3),  Sólido 1(ToeFillet)(200mm-4),  Sólido 1(ToeFillet)(3000mm-1),  Sólido 1(ToeFillet)(3000mm-2),  Sólido 1(Extruir1)(Chapa-1),  Sólido 1(Extruir1)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-1/piesa cilindro3-2),  Sólido 1(Redondeo7)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-1/soporte cilindro-1),  Sólido 1(Redondeo7)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-1/soporte cilindro2-2),  Sólido 1(Extruir1)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-1/soporte de silindro-2),  Sólido 1(Extruir1)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-2/piesa cilindro3-2),  Sólido 1(Redondeo7)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-2/soporte cilindro-1),  Sólido 1(Redondeo7)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-2/soporte cilindro2-2),  Sólido 1(Extruir1)(Ensamblaje del Soporte del cilindro-2/soporte de silindro-2)</p>
Nombre:	AISI 1035 Acero (SS)																					
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal																					
Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises																					
Límite elástico:	2.82685e+008 N/m <sup>2</sup>																					
Límite de tracción:	5.85e+008 N/m <sup>2</sup>																					
Módulo elástico:	2.05e+011 N/m <sup>2</sup>																					
Coefficiente de Poisson:	0.29																					
Densidad:	7850 kg/m <sup>3</sup>																					
Módulo cortante:	8e+010 N/m <sup>2</sup>																					
Coefficiente de dilatación térmica:	1.1e-005 /Kelvin																					
<p>Datos de curva:N/A</p>																						

## Cargas y sujeciones.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
<b>Fijo-1</b>		<b>Entidades: 4 cara(s)</b> <b>Tipo: Geometría fija</b>		
<b>Fuerzas resultantes</b>				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	<b>1.17091</b>	<b>-2.5341</b>	<b>-14709.8</b>	<b>14709.8</b>
Momento de reacción(N.m)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
<b>Fuerza-1</b>		<b>Entidades: 2 cara(s)</b> <b>Tipo: Aplicar fuerza normal</b> <b>Valor: 750 kgf</b> <b>Ángulo de fase: 0</b> <b>Unidades: deg</b>

## Información de contacto.

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		<b>Tipo: Unión rígida</b> <b>Componentes: 1 componente(s)</b> <b>Opciones: Mallado compatible</b>

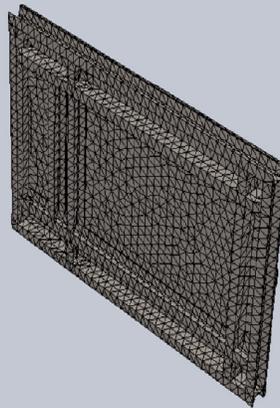
## Control de la malla.

<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Mallador utilizado:</b>	Malla basada en curvatura
<b>Puntos jacobianos</b>	4 Puntos
<b>Tamaño máximo de elemento</b>	0 mm
<b>Tamaño mínimo del elemento</b>	0 mm
<b>Calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden
<b>Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible</b>	Desactivar

### Información de malla - Detalles

<b>Número total de nodos</b>	27317
<b>Número total de elementos</b>	13448
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	56.038
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &lt; 3</b>	13.1
<b>% de elementos cuyo cociente de aspecto es &gt; 10</b>	9.64
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:00:10
<b>Nombre de computadora:</b>	MA

Nombre de modelo: Ensamblaje de la plancha base  
Nombre de estudio: Análisis estático 1-Predefinido-1  
Tipo de malla: Malla de sólido



## Fuerza resultante.

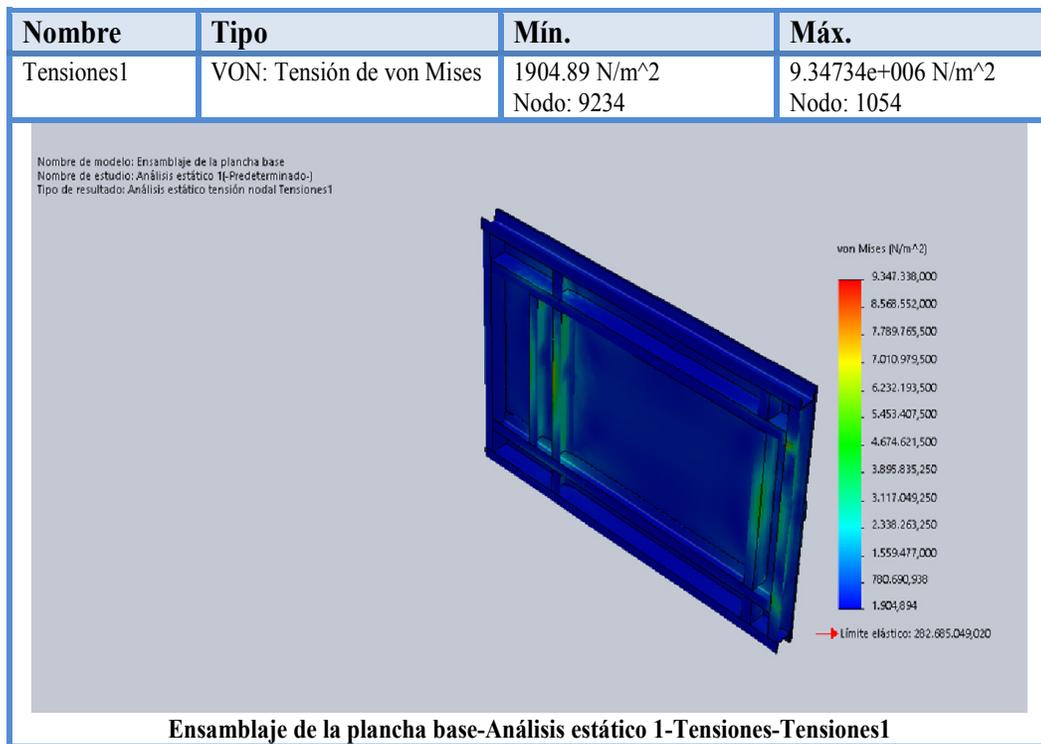
### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	1.17091	-2.5341	-14709.8	14709.8

### Momentos de reacción

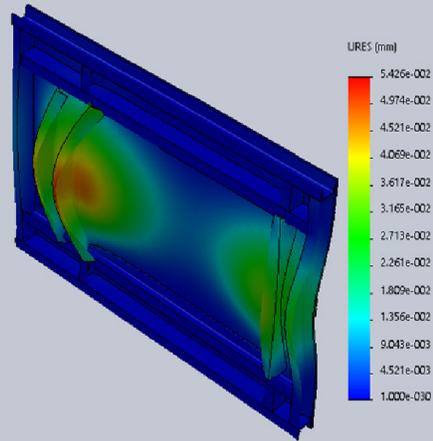
Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

## Resultado del estudio.



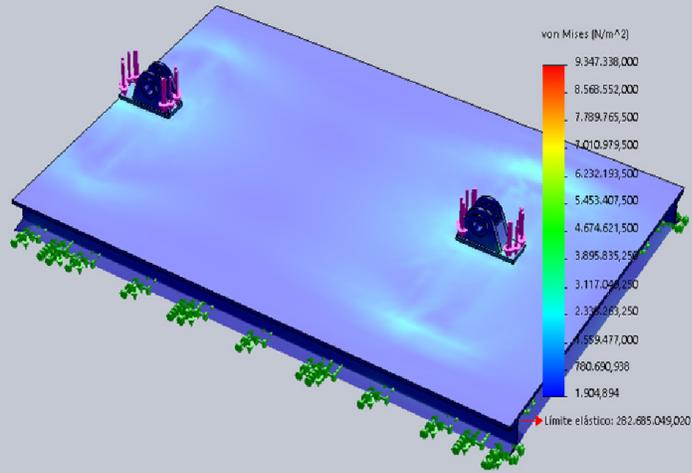
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 2598	0.0542574 mm Nodo: 936

Nombre de modelo: Ensamblaje de la plancha base  
Nombre de estudio: Análisis estático [Pre-determinado]  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 5673.8



**Ensamblaje de la plancha base-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1**

Nombre de modelo: Ensamblaje de la plancha base  
Nombre de estudio: Análisis estático 1[Pre-determinado]  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



**Imagen-1**

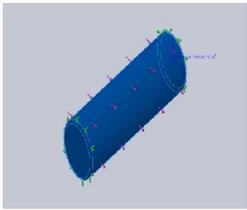
ANEXO 24. Resultado del estudio realizado al pasador de los cilindros de elevación del porta-lanzas.

**Propiedades del estudio.**

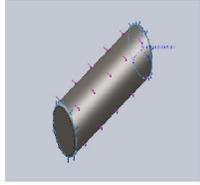
<b>Nombre de estudio</b>	Análisis estático 1
<b>Tipo de análisis</b>	Análisis estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Efecto térmico:</b>	Activar
<b>Opción térmica</b>	Incluir cargas térmicas
<b>Temperatura a tensión cero</b>	298 Kelvin
<b>Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulación</b>	Desactivar
<b>Tipo de solver</b>	FFEPlus
<b>Efecto de rigidización portensión (Inplane):</b>	Desactivar
<b>Muelle blando:</b>	Desactivar
<b>Desahogoinercial:</b>	Desactivar
<b>Opciones de unión rígida incompatibles</b>	Automática
<b>Gran desplazamiento</b>	Desactivar
<b>Calcular Fuerzas de cuerpo libre</b>	Activar
<b>Fricción</b>	Desactivar
<b>Utilizar método adaptativo:</b>	Desactivar
<b>Carpeta de resultados</b>	Documento de SolidWorks (H:\Arcel-Universidad\PIEZAS ANALISIS)

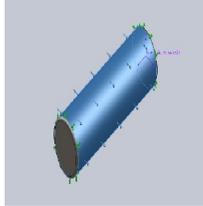
<b>Sistema de unidades:</b>	Métrico (MKS)
<b>Longitud/Desplazamiento</b>	mm
<b>Temperatura</b>	Kelvin
<b>Velocidad angular</b>	Rad/seg
<b>Presión/Tensión</b>	N/m <sup>2</sup>

**Propiedades del material.**

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>AISI 1045 Acero estirado en frío</b></p> <p>Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b></p> <p>Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b></p> <p>Límite elástico: <b>5.3e+008 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Límite de tracción: <b>6.25e+008 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Módulo elástico: <b>2.05e+011 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Coefficiente de Poisson: <b>0.29</b></p> <p>Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b></p> <p>Módulo cortante: <b>8e+010 N/m<sup>2</sup></b></p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: <b>1.2e-005 /Kelvin</b></p>	<p><b>Sólido</b></p> <p><b>1(Redondeo2)(Pasador3)</b></p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

### Cargas y sujeciones.

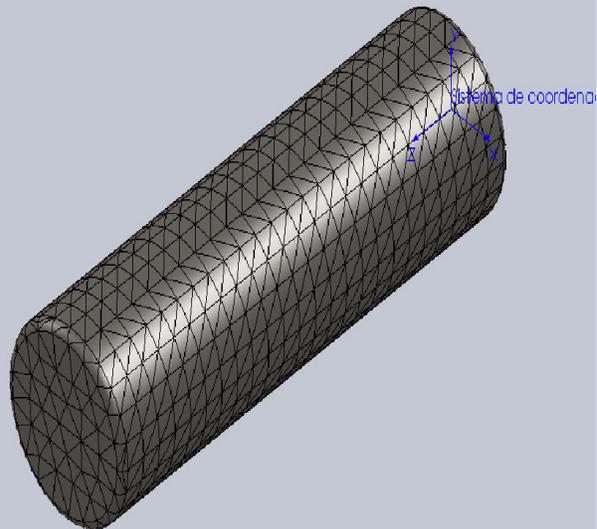
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<b>Entidades: 2 arista(s)</b> <b>Tipo: Geometría fija</b>		
Fuerzas resultantes				
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>
<b>Fuerza de reacción(N)</b>	<b>-7355.09</b>	<b>0.0760574</b>	<b>0.251472</b>	<b>7355.09</b>
<b>Momento de reacción(N.m)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Cargas en rodamientos-1		<b>Entidades: 1 cara(s)</b> <b>Sistema de coordenadas: Sistema de coordenadas1</b> <b>Fuerza Valores: 750 0 0 kgf</b>

### Información de la malla.

<b>Número total de nodos</b>	10373
<b>Número total de elementos</b>	6708
<b>Cociente máximo de aspecto</b>	4.1599
<b>% de elementos cuyo cociente de aspectos &lt; 3</b>	99.2
<b>% de elementos cuyo cociente de aspectos &gt; 10</b>	0
<b>% de elementos distorsionados (Jacobiana)</b>	0
<b>Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):</b>	00:00:03
<b>Nombre de computadora:</b>	MA

Nombre de modelo: Pasador3  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de malla: Malla de sólido



**Fuerza de reacción.**

<b>Conjunto de selecciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Suma X</b>	<b>Suma Y</b>	<b>Suma Z</b>	<b>Resultante</b>
Todo el modelo	N	- 7355.09	- 0.0760574	0.251472	7355.09

**Momento de reacción.**

<b>Conjunto de selecciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Suma X</b>	<b>Suma Y</b>	<b>Suma Z</b>	<b>Resultante</b>
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

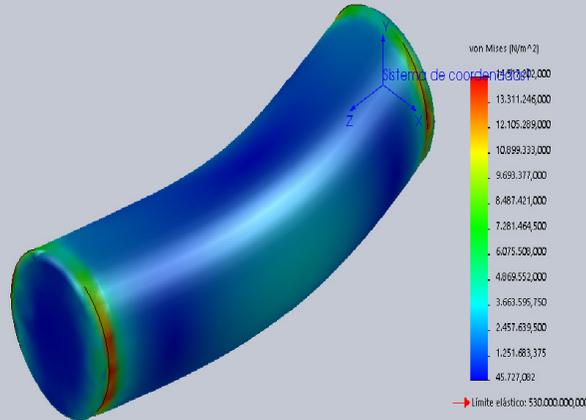
**Información de la malla.**

<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Mallado rutilizado:</b>	Malla estándar
<b>Transición automática:</b>	Desactivar
<b>Incluir bucles automáticos de malla:</b>	Desactivar
<b>Puntos jacobianos</b>	4 Puntos
<b>Tamaño de elementos</b>	8.26799 mm
<b>Tolerancia</b>	0.4134 mm
<b>Calidad de malla</b>	Elementos cuadráticos de alto orden

## Resultados del estudio.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	45727.1 N/m <sup>2</sup> Nodo: 6076	1.45172e+007 N/m <sup>2</sup> Nodo: 10172

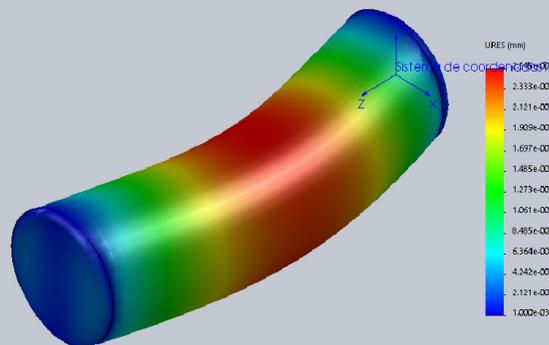
Nombre de modelo: Pasador3  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado)  
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 7050.09



Pasador3-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

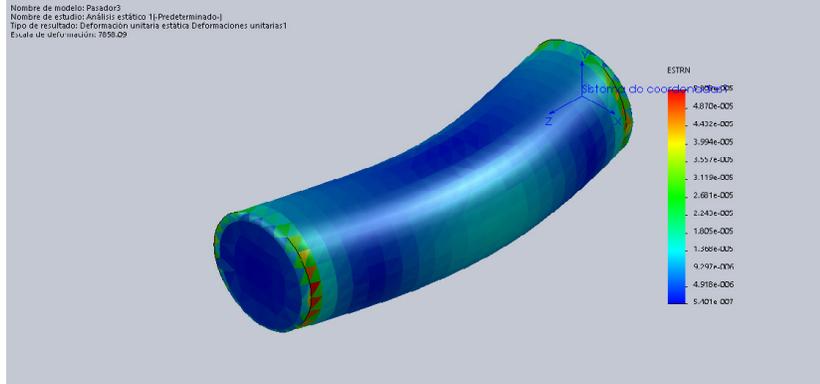
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 10	0.00254545 mm Nodo: 7290

Nombre de modelo: Pasador3  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 7888.09



Pasador3-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5.40125e-007 Elemento: 2054	5.30796e-005 Elemento: 2332



Pasador3-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1 {1}	Forma deformada

Nombre de modelo: Pasador3  
Nombre de estudio: Análisis estático 1(Predeterminado)  
Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1{1}  
Escala de deformación: 7059.029

Sistema de coordenadas 1

Pasador3-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}