



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Metalurgia Electromecánica
Departamento de Mecánica

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: *Construcción de un dispositivo para determinar la conductividad térmica de sólidos granulados.*

Autor: *Victor Miguel Rodríguez Martínez.*

Tutores: *M.Sc. Ever Góngora Leyva*

M.Sc. Rafael Antonio Castillo Díaz

Ing. Carlos Zalazar Oliva

Moa – 2012
“Año 53 de la Revolución”



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Victor Miguel Rodríguez Martínez.

Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Autor:

Victor Miguel Rodríguez Martínez

Tutor: _____

M.Sc. Rafael Castillo Díaz

Tutor: _____

M.Sc. Ever Góngora Leyva

Tutor: _____

Ing. Carlos Zalazar Oliva



AGRADECIMIENTOS

Una obra se concibe cuando el caudal de ideas y arduo trabajo logran vencer la inercia del comienzo, pero solo con valiosas colaboraciones, es posible transitar el largo camino entre el inicio y el fin. Es por ello que dejo constancia de mi especial agradecimiento:

A mis tutores: el MSc. Ever Góngora Leyva, por su amistad incondicional, por su apoyo y cooperación para la realización de este trabajo, por su voluntad, orientación y dedicación absoluta que me ha dado desde que entré a la universidad; al MSc. Rafael Castillo Díaz, sus incontables ayudas en la realización de este trabajo, sus constantes muestras de afecto y cariño.

A mis familiares que siempre están conmigo por su apoyo y la ayuda que me han dado.

A mis amigos por su incondicional amistad y el apoyo que siempre me han brindado, y que me brindan.

A Todos Muchas Gracias

El autor.

DEDICATORIA

Al culminar una meta deseada impone momentos de especial alegría, cuando se quiere resumir, los momentos de duda, dolor, nostalgia, se deben tener presentes aquellas personas que por su dedicación y amor contribuyeron a la realidad que representa llegar hasta el final, en especial dedico este logro personal:

A mis padres: Juana y Arturo, por todo el amor que me han transmitido hasta hoy y porque así es de grande el amor que les profeso. A ellos que además de mi existencia le debo todo lo que soy y lo que pueda ser mientras viva. Por todo esto le dedico este mérito que también es suyo para que estén siempre orgullosos de su hijo.

A mis hijas: Lisandra Rodríguez, Lilibet Rodríguez con todo mi amor que son la razón de mi existencia y el motivo de continuar luchando.

A mi querida esposa: Sandra Rodríguez por el apoyo y el amor que siempre me han dado, su comprensión y su ayuda en los momentos más duros de la vida.

A mis amigos Ever, Castillo, por la excelente amistad que me brindan y por las modestas e incontables ayudas prestadas.

A mis compañeros de trabajo, por su amistad y su ayuda durante 6 años que hemos pasado juntos a los cuales también les deseo éxito.

*A todos les dedico este éxito.
El autor.*

RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo la fabricación de un dispositivo para medir la conductividad térmica de sólidos granulados. Se estableció la metodología para el cálculo de los principales parámetros que definen las dimensiones del dispositivo, como son, diámetros y paso entre los termopares. Se seleccionaron materiales para la construcción del mismo, los cuales fueron sometidos a procesos de maquinado y soldadura, para a través de estas materias primas obtener el producto. Para determinar la composición química del material se empleó el análisis espectral, la cual fue necesaria para determinar las propiedades del material al efectuar la soldadura, se empleó electrodo 316 de 3,2 mm, según recomendaciones de la AWS. Quedaron establecidas las tecnologías de maquinado y soldadura en la fabricación del elemento para determinar la conductividad térmica de sólidos granulados y por último se realiza la valoración económica, así como la incidencia medio ambiental del proceso.

ABSTRACT

work aims at the manufacture of a device to measure the thermic conductivity of solid granulated preparations. The methodology for the calculation of principal parameters that they define the dimensions of the device like music,, diameters for and he passed among the termopares became established . They selected materials for the same one's construction, which as they were subdued to processes of machinated and solder, stops through these raw materials obtaining the product. spectral analysis was used in order to determine the chemical composition of the material, which as she was necessary to determine the material's properties to the hour of making the solder, the electrode used 316 of 3.2 mm, according to recommendations of the AWS itself. technologies became established of machinated and solder for the manufacture of the element to determine the thermic conductivity of solid granulated preparations and finally the economic evaluation, as well as the half way environmental incidence comes true of process

Índice	Pág.
Introducción	1
Capítulo I Marco teórico de la investigación.....	4
1.1 Introducción	4
1.2 Trabajos precedentes	4
1.3 Datos generales de la Empresa	5
1.4 Teoría de la conductividad térmica del material.....	7
1.5 Instrumento para determinar la conductividad de sólidos granulados.....	8
1.5.1 Tratamiento del material a utilizar en el instrumento	10
1.5.2 Métodos de operación de la célula de prueba	11
1.6 Características de los procesos de manufactura.....	13
1.6.1 Elementos de un proceso de mecanizado convencional.....	14
1.7 Soldadura con arco y metal protegido.....	16
1.7.1 Establecimiento de tecnología de la soldadura.....	17
1.7.2. Llenado de la documentación tecnológica.....	18
1.8 Ensamblaje.....	18
1.8.1 Clasificación de uniones.....	18
1.8.2 Fijación con elemento mecánico. Situación y tamaño de los agujeros.....	20
1.9 Aceros para la fabricación.....	21
1.10 Pliego de prescripciones técnicas.....	24
1.10.1 Planos de taller.....	24
1.10.1.1 Contenidos.....	24
1.10.2 Ensamblado previo en taller.....	24
Conclusiones del capítulo I.....	25
Capítulo II Materiales y métodos.....	26
2.1 Introducción.....	26
2.2 Propiedades del material para la construcción del instrumento que determina conductividad térmica en sólidos granulados	26
2.3 Metodología de cálculo para la tecnología de fabricación.....	27
2.4 Operación del torneado del instrumento de mineral.....	28
2.4.1 Máquina a utilizar.....	28
2.4.2 Caracterización del torno 16k20.....	28
2.4.3 Herramientas.....	29
2.5 Regímenes de corte para el torneado.....	29
2.5.1 Frecuencia de rotación.....	30
2.5.2 Velocidad de corte.....	33
2.5.3 Avance.....	34
2.5.4 Profundidad de corte	34
2.5.5 Tiempo de maquinado.....	35
2.5.6 Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos	36
2.6 Operación de taladrado	37
2.6.1 Máquina a utilizar.....	37
2.6.2 Elección de la herramienta de corte.....	38
2.6.3 Regímenes de corte para el taladrado	38
2.7 Tecnología de la soldadura	39
2.7.1 Máquina para soldar	40
2.7.2 Selección del electrodo.....	40
2.7.3 Descripción	41
2.7.4 Características	41



2.7.5 Aplicaciones -----	41
2.7.6 Propiedades mecánicas según AWS -----	41
2.7.7 Composición química de depósito -----	41
2.7.8 Cantidad de electrodos-----	42
2.7.9 Cálculo del consumo de tiempo principal de soldadura en la unión -----	42
Conclusión del capítulo II -----	44
Capítulo III Análisis de los resultados -----	45
3.1 Introducción -----	45
3.2 Etapas de elaboración del instrumento-----	45
3.2.1 Ruta tecnológica para la elaboración del cuerpo del instrumento-----	46
3.2.1.1 Ruta tecnológica del cuerpo (tubo) -----	46
3.2.2 Ruta tecnológica para la elaboración de la tapa del instrumento-----	48
3.2.2.1 Operaciones en el torno-----	48
3.2.2.2 Operaciones en la taladradora-----	49
3.2.2.3 Ruta tecnológica para la elaboración del aro del instrumento-----	51
3.2.3.1 Operación del torneado-----	51
3.2.3.2 Operación en la taladradora-----	53
3.2.3.3 Ruta tecnológica para la elaboración de la tapa inferior o base del instrumento -----	53
3.2.3.4 Operación del torneado -----	54
3.2.3.5 Operación de la taladradora -----	55
3.3 Tecnología de soldadura -----	56
3.4 Valoración económica -----	57
3.5 Costo de materiales empleado -----	57
3.6 Costos de producción del maquinado -----	58
3.7 Gases constituyentes del humo de soldadura -----	59
Conclusiones del capítulo III -----	61
Conclusiones -----	62
Recomendaciones -----	63
Referencias Bibliográficas -----	64
Anexos	

INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de níquel y cobalto constituye una de las mayores posibilidades para el desarrollo de la economía cubana, al contar con grandes yacimientos y poseer un elevado precio en el mercado internacional sin muchas fluctuaciones. Por lo que el país se ha trazado como objetivo la utilización racional de los recursos humanos, materiales y financieros, así como ha incrementado las medidas económicas y sociales. La producción de níquel más cobalto reviste gran importancia para el desarrollo de la economía nacional, ésta es una forma de entrada de divisa fresca al país y de un gran presupuesto financiero, es por eso que se realizan grandes esfuerzos a fin de lograr una mayor eficiencia productiva, introduciendo nuevas técnicas, desarrollando nuevas tecnologías y realizando la automatización de los procesos.

En la industria del níquel, específicamente en las fábricas Comandante Ernesto Che Guevara y Comandante Rene ramos Latour, el mineral reducido que sale de los hornos de reducción alimentan a los enfriadores con ayuda de los transportadores rotatorio de tornillo sin fin. El mineral después de reducido, es descargado al transportador rotatorio que lo conduce al tambor enfriador de donde sale (con una temperatura de 200°C) hacia los canales de contacto de la Planta de Lixiviación y Lavado.

El proceso de enfriamiento del mineral en el enfriador depende de varios factores como son: la velocidad de rotación del cilindro, cantidad de mineral dentro del cilindro, así como la cantidad y velocidad de salida del agua de la piscina que permite el intercambio de calor.

Existen deficiencias para controlar o tomar dediciones en el flujo productivo de esta empresa ya que no se conoce el comportamiento del mineral térmicamente. El instrumento a construir en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para la evaluación de la conductividad térmica en el proceso de enfriamiento del mineral reducido, es debido a la imposibilidad de experimentar con diferentes flujos de mineral a escala industrial. Esto permitirá conocer como se desarrolla el proceso de enfriamiento y poder mejorar el funcionamiento de los enfriadores.

Situación Problemática

Desde hace varios años los enfriadores de las empresas “Comandante Ernesto Che Guevara” y “Comandante René Ramos Latour” han presentado problemas con el enfriamiento del mineral que llega a ellos proveniente de los hornos de reducción, por lo cual ha sido objeto de estudio con el objetivo de profundizar en los complejos fenómenos que tienen lugar durante el proceso industrial (Casals y Perdomo, 2007; Sotto, 2007; Valle, 2000). En la actualidad estos problemas persisten debidos, entre otros factores, al desconocimiento de los rangos de operación de los principales parámetros que caracterizan dicho proceso y a la falta o mala calidad de los mantenimientos, Góngora (2004, 2007 y 2009) han realizado grandes esfuerzos dirigidos hacia el mejoramiento de la eficiencia de este proceso, al apoyarse en la modelación matemática y simulación del mismo, pero a causa de las dificultades que existen para la realización de experimentos que permitan determinar las propiedades termo-físicas de los sólidos granulados (mineral laterítico reducido), los resultados obtenidos no tienen la calidad exigida por los clientes.

A partir de la situación problemática se declara como **problema** resolver en esta investigación:

Inexistencia de un equipo o dispositivo que permita determinar la conductividad térmica de sólidos granulados (mineral laterítico reducido) hasta temperaturas de 900 °C.

Como **Objeto de la investigación** se establece: El dispositivo para determinar la conductividad térmica.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**: Si se diseña y construye un dispositivo que permita determinar la conductividad térmica de los sólidos granulados, entonces se garantizaría el desarrollo exitoso de los experimentos en las investigaciones realizadas por especialistas del ISMM.

A partir de la hipótesis planteada, se define como **objetivo del trabajo**: Fabricar un dispositivo que garantice la determinación de la conductividad térmica de los sólidos granulados.

Para dar cumplimiento a la hipótesis y al objetivo general del trabajo se definen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Caracterizar los materiales empleados en la fabricación del dispositivo para determinar la conductividad térmica de los sólidos granulados.
2. Realizar la tecnología de fabricación de los elementos que conforman el dispositivo que permita determinar la conductividad térmica de los sólidos granulados.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos, se plantean las siguientes **tareas del trabajo**:

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos, y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Elaboración de la tecnología de fabricación de los elementos que conforman el dispositivo para determinar la conductividad térmica de los sólidos granulados.
3. Análisis de los resultados y fundamentación de la tecnología de fabricación de los elementos que conforman el dispositivo para determinar la conductividad térmica de los sólidos granulados.
4. Valoración económica y medioambiental de los procesos empleados en la realización del trabajo.

Aseguramientos

- Instrumentos de medición (ISMMM y SERCONI).
- Material de oficina y elementos de Cómputo (SERCONI).
- Materiales para la fabricación del equipo (SERCONI y Pedro Soto Alba).
- Máquinas herramientas (SERCONI, ISMMM y Pedro Soto Alba).

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

El trabajo es la fuente de desarrollo en la evolución de la especie humana. Con cada invento o innovación se buscaba humanizar aun más cada actividad realizada, disminuir los costos de producción. En el tiempo surgieron los equipos o dispositivos más diversos en toda la rama de la ciencia. En cada momento, el hombre se las ha ingeniado para hacerle transformaciones en sus estructuras y así explotar al máximo sus capacidades de trabajo.

En este capítulo se establece como objetivo: realizar el análisis de la bibliografía existente, que permita definir el estado del arte en la temática abordada y sustentar los resultados alcanzados en la investigación.

1.2. Trabajos Precedentes

Toda investigación que se realice debe estar orientada a solucionar los problemas que se manifiestan en la sociedad, por ello muchos trabajos han estado relacionados con el diseño, construcción y selección de equipos de enfriadores industrial, entre los que se encuentran los enfriadores de mineral. Por tal motivo la revisión bibliográfica estuvo dirigida fundamentalmente a la temática relacionada con los trabajos, que sobre el tema se han realizado para ver si existe algún instrumento que pueda medir la conductividad térmica de este material que se halla publicado en los últimos años.

Es de vital importancia saber que existe una gran variedad de enfriadores, debido a las disímiles aplicaciones que se les da; por ejemplo, en la industria minera, azucarera, y la química. Existen diversos tipos de equipos de enfriadores de mineral dentro de los que se destacan los de rastrillos, de bandas, de cangilones, de bandejas, neumáticos, de paletas y especialmente los de tornillo sin fin. El instrumento tiene como objetivo simular la conductividad térmica del material para valorar su eficiencia en el proceso de enfriamiento.

Resultan importantes los trabajos realizados por Lambert (2002) y Herrero (2002), quienes abordaron la temática relacionada con el análisis de la estabilidad operativa y la capacidad de los transportadores de tornillos sin fin.

Rodríguez, 2010 construye un transportador de tornillo sin fin para la alimentación del enfriador a escala piloto y (Jacobino, 2010) construye un cilindro horizontal rotatorio a escala piloto, ambos establecen un escalado para la fabricación de estos dos elementos industriales, propone la metodología de cálculo para los procesos de soldadura y maquinado con máquinas herramientas convencionales. (Gutiérrez, 2011) desarrolla la Tecnología de fabricación de los dispositivos del enfriador de mineral a escala piloto.

Micheletti (1986) y Nikolaev (1982) estos autores exponen las cinemática y el afinado de diferentes máquinas herramientas, caracterizándolas y exponiendo sus características más importantes, además de agruparlas según las funciones que realizan.

Kalpakjian (2002) y Groover (1997) exponen los métodos fundamentales de obtención de materias primas para las fábricas de construcción de maquinarias, por conformación y fundición de metales, estableciendo los principales parámetros para la elaboración de estas tecnologías. Muestran los principales métodos de obtención de piezas por arranque de virutas, establecen las ecuaciones fundamentales para determinar los principales parámetros, así como los posibles errores al no aplicar correctamente los procedimientos de maquinado.

Dentro de la bibliografía consultada no aparece trabajo alguno que aborde la temática relacionada con la construcción de un instrumento de medición con estas características.

1.3. Datos Generales sobre la Empresa

El instrumento se construirá con el objetivo de determinar las propiedades de los sólidos granulados reducidos que pasan por los enfriadores de la empresa Ernesto Che Guevara, ver planos del mismo en anexos. Con la construcción del instrumento es posible realizar un reporte donde describa un estudio preliminar de las limitaciones de transferencias y calentamiento de masas aplicadas en un enfriador de mineral e identificar las características del rendimiento con vista a guiarnos a estudios más detallados aspirando a una mejora sustancial en la producción. Por lo que es necesario conocer el proceso de dicha empresa.

En diciembre de 1972 se acordó entre los gobiernos de la URSS y la República de Cuba la colaboración técnica para la rehabilitación de la fábrica niquelífera de Nicaro y la adquisición de una nueva empresa a la que se le denominó Ernesto Che Guevara. La cual operan según el esquema de lixiviación carbonato – amoniaco del mineral reducido o proceso Carón. Esta tecnología estudiada y probada en la práctica durante muchos años en Cuba, ha proporcionado resultados satisfactorios.

Se debe destacar que es un proceso continuo que se realiza en condiciones de presión atmosférica. El equipamiento tecnológico del proceso se distingue por su sencillez y amplia utilización de aparatos conocidos (hornos de soleras múltiples, espesadores, columnas de destilación, etc.). Estas características favorecen la creación de una producción con alto nivel de mecanización y automatización. El esquema amoniaco admite la elaboración de las mezclas de los minerales lateríticos y serpentínicos.

El producto final de la planta es un Sinter en forma de óxido y polvillo, siendo un producto estable de exportación en el mercado mundial y consumo nacional. Además se realiza la extracción complementaria del cobalto en el concentrado de licor y la elaboración de otros productos. El complejo minero metalúrgico de la empresa contiene las siguientes entidades:

- ❖ Minas
- ❖ Planta de Preparación de Mineral
- ❖ Planta de Hornos de Reducción
- ❖ Planta de Lixiviación y cobalto
- ❖ Planta Recuperación y sinter
- ❖ Termoeléctrica
- ❖ Puerto con el sistema de recepción y almacenaje de petróleo y amoníaco
- ❖ Planta de Tratamiento de Agua
- ❖ Dique de Cola
- ❖ Laboratorio central y otras secciones auxiliares

1.4 Teoría de la Conductividad Térmica del mineral

La transferencia de calor según (Page, 1998) a través de un material granular es la combinación entre partículas en contacto y radiación, convección y conducción a través del espacio de los poros entre partículas. La transferencia de calor a través de los poros dependerá de la composición y de la fase del material que cubre los poros. Para mayor facilidad en este trabajo hemos agrupado todos los mecanismos de transferencia de calor, para interpretar la transferencia de calor a través del material granular en términos de una conductividad efectiva.

La teoría de transferencia de calor se describe bien en la literatura (Veamos por ejemplo). El dato de conductividad de calor se evaluó para el mineral simple mediante la línea de calor central de una muestra cilíndrica del mineral.

La conductividad efectiva de una muestra se encuentra desde la distribución de temperatura radial medida. La teoría relevante para este sistema se aplica a un flujo de calor de estado estático asimétrico a través de un anulo infinito cuya sección cruzada se muestra a continuación.

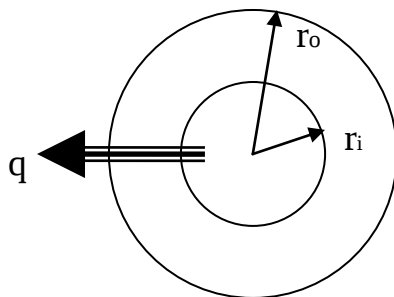


Figura 1.1 Flujo de calor dimensional a través de un anulo infinito.

En el sistema de coordenada cilíndrica, en condiciones asimétricas garantizan que $dT / d\theta = 0$ y que la longitud infinita del anulo (cilindro hueco) significa que $dT / dr = 0$. Esto representa que la única coordenada espacial relevante es la posición radial (r).

Para resolver este problema la ley de Fourier se puede escribir como:

$$k(T) = \frac{-(q/L)}{2 * \pi * r * (dT - dr)} \quad 1.1$$

Donde:

q/L - es la velocidad de transferencia de calor por la unidad de longitud del cilindro, (m/s).

T- es la temperatura, ($^{\circ}\text{C}$).

r- radio del anulo, (m).

K(T)- es la conductividad térmica, la cual está en función de la temperatura.

De una forma más sencilla, evaluaremos la conductividad térmica efectiva (k) asumiendo una conductividad constante que nos lleva a:

$$k = \frac{L * \ln(r_o / r_i)}{2 * \pi * (T_i - T_e)} \quad 1.2$$

Donde:

r_i - radio interior del anulo o cilindro hueco,(m).

r_o - radio exterior de un elemento anular, (m).

L- longitud entre los termopares, (m).

El valor de la conductividad térmica K calculado de esta forma será un valor promedio para el elemento.

1.5. Instrumento para determinar la conductividad de sólidos granulados

La célula de prueba a emplear para determinar la conductividad efectiva de la muestra del mineral de los enfriadores de la empresa Ernesto Che Guevara se muestra en la figura 1.2. Este aparato fue diseñado con el objetivo de medir la transferencia de calor a través de polvos no metálicos en vacío o atmósfera controlada. (Page, 1998).

La célula de prueba utilizada para pruebas de conducción de calor consta de las siguientes partes.

1. Línea de vacío y entrada de nitrógeno.
2. Sello del anillo en O
3. Lazo del elemento de calentamiento
4. Muestra granular
5. Termopares tipo K
6. Celda de prueba
7. Arandelas no conductoras
8. Terminales del elemento de calentamiento.

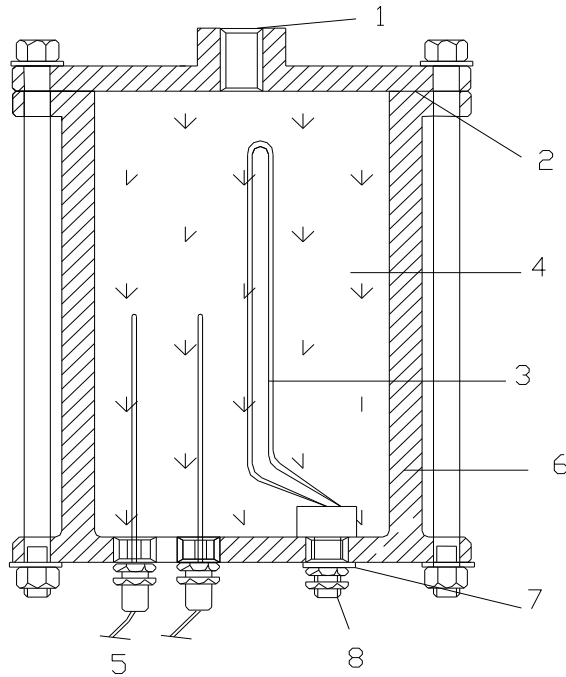


Figura1.2. Célula de prueba utilizada para pruebas de conductividad de calor.

La célula está compuesta de una tubería de acero de 225 mm de longitud con un diámetro interior de 73 mm y un diámetro exterior de 110 mm, el cual está sellado en ambos extremos con una plancha de 8 mm. La plancha inferior se suelda a la tubería y tiene un número de agujeros de acceso para dos terminales de calentamiento axial ohmic y para 4 termopares de tipo K.

La plancha de la parte superior se fijó a la tubería con tres tornillos de seguridad y se sella con un anillo para alta temperatura. La plancha superior también tiene conexiones para líneas de flujo de gas por lo que la prueba se puede efectuar en una atmósfera no oxidante (en este caso nitrógeno).

El elemento de calentamiento se debe de construir de un alambre de nicrón de diámetro 1,28 mm, doblado en forma de una "U" extendida de aproximadamente 4 mm de ancho. La longitud de este elemento es de 215 mm (debido a la forma de U la longitud real es de dos veces este valor es decir 430 mm).

Tabla 1.1. Posiciones radiales de los termopares.

No	Denominación	Distancia
1	Termopar 1	3,5 mm
2	Termopar 2	8,0 mm

3	Termopar 3	21,5 mm
4	Termopar 4	33,0 mm

El termopar de los elementos debe ser insolado de la célula de prueba por medio de arandelas no conductoras y se sellarán con una junta de silicona con una rentabilidad de 371 °C. Los terminales se conectan a una fuente de energía, la corriente y el voltaje que pasa por los elementos se medirá con un multímetro. El ancho del lazo del alambre es menor, solo existe una menor variación del perfil de temperatura con la coordenada del cilindro. Esto justifica la suposición asimétrica de la sección anterior.

Se supone que el ritmo de transferencia de calor por unidad de longitud axial (q/L) es constante para el cilindro. El cilindro es lo suficiente largo por lo que los extremos no afectan el campo de temperatura en el nivel medio donde están colocados los termopares. Esta suposición es justificada si se mide el campo de temperatura en el cilindro en término de las tres coordenadas (r, θ, z). El entorno de temperatura es casi paralelo al eje z , cuando se muestra en un plano (r, z), justificado la aproximación que $dT/dz=0$. Se supone que el ritmo de transferencia de calor es uniforme a lo largo de todo el elemento del alambre, luego en estado estático se puede decir que:

$$\frac{Q}{L} = \frac{VI}{Le}$$

1.3Donde:

$V \times I$ - es la entrada eléctrica de polvo en equilibrio.

Los termopares se conectaron a un controlador para mostrar solamente la lectura.

1.5.1. Tratamiento del mineral a utilizar en el instrumento

Se someterán las muestras a radiografía (rayos X), fase de análisis antes de la prueba de transferencia de calor, para identificar las fases de cristalización presente. Luego se analizarán los datos empleando la técnica de análisis Riedval, para cuantificar las proporciones relativa de las fases identificadas. Los datos se recopilarán empleando un defractómetro estándar Philips PW 1080, con radiografía Cu Ka y un software de recopilación de datos Philips. Los parámetros escaneados se tabularán, ver ejemplo en la tabla 1.1. El análisis

cuantitativo para identificar las fases en la muestra es previamente realizado empleando una base de datos de difracción de polvo JCPDS en CDROM.

Tabla 1.2. Parámetro de recopilación de datos.

Longitud de onda	
Rango del Radar	
Dimensión	
Tiempo	

Mediante un examen manual del índice se identifican las fases teniendo un análisis Rietveld del patrón de difracción completo, según la composición del material a analizar estas fases pueden ser: NIO, Fe_2SiO_4 (Fatalita), SiO_3 y posiblemente Fe_2O_3 (Conocido como magmita). Este método se basa en un refinamiento minucioso de los parámetros de la retícula y línea de difracción hasta que el patrón observado coincida. Los resultados del material se tabularán en la tabla 1.2.

Tabla 1.3. Análisis de los resultados cuantitativos.

Fase	Fracción relativa (%)
NIO	
Fe_3O_4	
Fe_2SiO_4	
SiO_2	

Se podría realizar una determinación más exacta haciendo uso de la combinación de electrones, facilidades de análisis de micro prueba y difracción de rayos X.

1.5.2. Métodos de operación de la célula de prueba

Se desarrollará una prueba inicial del aparato empleando arena de cuarzo como muestra granular. También deben desarrollarse pruebas para revisar el sellaje de la célula de prueba en vacío.

El material de muestra se verterá en la célula de prueba hasta que este por debajo de la mitad del tope de los termopares expuesto. La distancia entre termopares y el elemento de calentamiento se determinará utilizando

separadores y se medirá con un juego de clíper. Estas medidas estarán en la tabla 1.3 y se estiman que sean exactas entre 0,5 mm.

La muestra se llena entonces hasta el tope del Rin de la célula de prueba, luego de una pequeña manipulación de la célula de prueba, se notará que el volumen del material disminuye dramáticamente con solo pequeñas vibraciones. Se compactará el material hasta su densidad máxima antes de la prueba, para garantizar que el elemento de calentamiento esté envuelto por la muestra en todo momento durante la prueba. La compactación se desarrolla empujando con un dispositivo. Se colocará aproximadamente 923 gramos de material en la célula de prueba y por lo tanto su densidad durante la prueba puede alcanzar hasta 980 Kgm³.

Después de asegurar la tapa superior o plancha, la célula se conectará a una línea de vacío la que removerá la mayoría de los gases inter sitiales. Luego se llenará la célula con nitrógeno comercial y este proceso de purga se efectuará por dos veces más. Durante la prueba, la célula se presurizará hasta un poco más de la presión atmosférica utilizado un burbujeador acoplado a la línea de alimentación de nitrógeno. Esto garantizará que cualquier salidero de la célula de prueba salga a la atmósfera.

El proceso de prueba involucrará ubicar una entrada de polvo y hacer lecturas periódicas del voltaje, la corriente y lectura de los cuatros termopares hasta que se logran las condiciones de temperatura en estado estático. Entonces se aumentará la entrada de polvo y se repetirá el proceso de lectura.

Se pierde calor de la pared del mineral por:

- La conducción a través del enfriador.
- La radiación entre la superficie superior del mineral y la pared del cilindro.
- La convección entre la superficie del mineral y los gases presentes en el enfriador.

Por causa de la alta capacidad térmica del mineral comparado con los gases que podrían estar presente y porque no existe un control independiente sobre la velocidad del fluido de los gases, está propenso a haber solo una pequeña contribución a todas las transferencias de calor y así será despreciada aquí.

1.6. Características de los procesos de manufactura

Las características finales de los materiales varían en función del proceso de su elaboración y de las múltiples combinaciones, tanto en tipo como en proporciones. Para la elección correcta de los materiales se han tenido en cuenta dos aspectos. El primero de ellos ha sido el estudio teórico de los materiales con la información que se ha recopilado, mientras que el segundo ha consistido en contrastar la información obtenida teóricamente, con la práctica mediante la experiencia de los obreros fabricantes de piezas manufacturadas.

Los procesos de conformado por eliminación de material, habitualmente denominados procesos de mecanizado, se caracterizan por la obtención de la geometría final de la pieza mediante la eliminación del material sobrante de una preforma de partida.

Según el método empleado en la eliminación de material, pueden considerarse incluidas dentro de los procesos de conformado las dos siguientes categorías de procesos:

1. Procesos convencionales: la eliminación de material se realiza fundamentalmente por medios mecánicos. Los procesos de torneado, fresado y taladrado, pertenecen a este grupo.

2. Procesos no convencionales: la eliminación del material se debe fundamentalmente a otros medios diferentes de los mecánicos (eléctricos, físico-químicos, entre otros). Procesos pertenecientes a este grupo son la electroerosión y el fresado químico entre otros.

Los procesos de mecanizado constituyen en la actualidad, el conjunto de procesos de fabricación más ampliamente difundidos en las industrias. Esto se debe entre otras razones, a su gran versatilidad a la obtención de diferentes tipos de geometría y al nivel de precisión dimensional obtenido en comparación con otros procesos. Entre otras razones, de que los equipos propios de mecanizado hayan experimentado una evolución más acelerada que los restantes en el campo de la automatización, siendo las Máquinas-Herramientas por Control Numérico el más claro exponente de este hecho.

1.6-1. Elementos de un proceso de mecanizado convencional.

La realización de un proceso de mecanizado requiere la intervención de los siguientes elementos:

1. **Pieza:** El término genérico “pieza” representa el elemento material objeto de la transformación durante la ejecución del proceso. En su estado inicial o preforma, la geometría de la pieza presenta unas *creces*, que suponen una sobredimensión respecto a las dimensiones finales a obtener. En la mayoría de las situaciones, el material sobrante se elimina en una serie de operaciones sucesivas que van aproximando la geometría de la preforma a la de la pieza terminada. Las operaciones intermedias de este proceso se designan genéricamente como operaciones de desbaste, mientras que la última de tales operaciones se designa como operación de acabado. Una vez alcanzada la forma geométrica final, la pieza debe encontrarse dentro de las especificaciones dimensionales del diseño (tolerancias dimensionales, tolerancias de forma y posición, acabado superficial, entre otras).

Aparte de las especificaciones dimensionales de la pieza debe cumplir otras especificaciones de diseño tales como propiedades mecánicas. Estas propiedades serán asimismo un condicionante a la hora de elegir el proceso y la forma en que éste será llevado a cabo.

2. **Herramienta:** Es el elemento que entra en contacto directo con la pieza y produce la eliminación del material sobrante de la preforma. Una herramienta consta, en general, de una o varias aristas o filos, materializadas por la intersección de superficies, generalmente planas. Entre estas superficies, resultan de mayor interés la denominada *cara de incidencia*, aquella que queda enfrentada a la superficie mecanizada de la pieza y la *cara de desprendimiento*, aquella por la que se desprende el material eliminado, o viruta como comúnmente se le conoce.

La topología existente de las herramientas es muy amplia, ya que depende, entre otras cosas, de la operación a realizar y condiciones de la misma, de la máquina-herramienta en que se desarrolla dicha operación y de las propiedades que se pretenden conseguir en la pieza una vez finalizado el

proceso. En función del número de aristas de corte es frecuente considerar una primera clasificación de herramientas en *herramientas monofilo*, tales y como las empleadas en operaciones de torno, y *herramientas multifilo*, como las empleadas en operaciones de fresado. La herramienta se completa con una parte no activa que permite su fijación a los elementos de sujeción de la máquina-herramienta.

Según su construcción pueden considerarse *herramientas enterizas*, cuando toda la herramienta es del mismo material y *herramientas de plaquitas* cuando la parte activa y el resto de la misma son de materiales diferentes. Se denominan de esta forma porque la parte activa suele tener forma de pequeñas placas que se unen al mango o al cuerpo de la herramienta mediante soldadura o medios de fijación mecánica (tornillos, bridas y otros).

Algunos materiales empleados para la fabricación de herramientas de corte y que admiten buenas velocidades de corte, así como avances elevados son:

1- Carburos: Son aleaciones en forma de pequeñas placas obtenidas por sinterización a temperaturas comprendidas entre 1400 y 1700 °C. Sus principales componentes son: carburo de tungsteno (WC), carburo de titanio (TiC) o carburo de cobalto (CoC).

2- Materiales cerámicos: Es el producto obtenido por sinterización del óxido de aluminio combinado con óxido de sodio y óxido de potasio. Estos materiales aleados con óxido de silicio forman el compuesto para sinterizar a temperaturas próximas a 1800°C. Las placas de cerámica no resisten cargas de flexión superiores a los 40 kg/mm², pero en cambio presentan una gran resistencia a la abrasión, por tal motivo se emplean especialmente para el maquinado de metales no ferrosos, grafitos.

3. **Máquinas - herramientas:** Una máquina-herramienta puede considerarse por el conjunto de dispositivos que permiten el desplazamiento relativo entre la pieza y la herramienta y la eliminación del material sobrante de la preforma. Estos dispositivos pueden agruparse dentro de las siguientes categorías:

a) Dispositivos de sujeción: Son aquellos que tienen como misión asegurar que la pieza o la herramienta se mantengan en posiciones tales que permiten la eliminación de material. Ejemplos de tales dispositivos son: platos de garras, mordazas, mesa portaherramientas y conos de sujeción.

b) Dispositivos de accionamiento: Son aquellos encargados de realizar el desplazamiento relativo entre la pieza y la herramienta: motor, transmisiones y husillos.

4. **Utillaje:** Es todo conjunto, generalmente mecánico, que cumple misiones de posicionamiento, fijación o cualquier otra función auxiliar en relación con la pieza, la herramienta, o su movimiento relativo.

Algunos de los elementos considerados como partes integrantes de las máquinas-herramientas, pueden ser considerados a su vez como utillaje. Este sería el caso de un plato de garras en un torno, o una mordaza en una fresadora. Normalmente este tipo de utillaje, al ser estándar en la mayoría de las máquinas-herramientas de un cierto tipo, suele ser considerado como parte integrante de dichas máquinas, reservándose la denominación de utillaje para aquellos elementos específicos utilizados en cada proceso concreto.

5. **Sistema de control:** Engloba los dispositivos encargados de controlar los desplazamientos relativos entre pieza y herramienta. En las máquinas convencionales el control suele ser realizado por acciones del operario (tornero, fresador, taladrador) sobre los dispositivos que a tal efecto cuenta la máquina-herramienta (volantes, botoneras y palancas de control. En las máquinas de control numérico, este tipo de acciones quedan relegadas al propio control de la máquina sin que se produzca una intervención directa del operario sobre el proceso de eliminación de material. (Groover, 1997)

1.7. Soldadura con arco y metal protegido

La soldadura con arco y metal protegido (SMAW) es uno de los procesos de unión más antiguos, sencillos y versátiles. Hoy en día el cincuenta por ciento de toda la soldadura en la industria y el mantenimiento se hace mediante este proceso. El arco eléctrico se genera tocando la pieza con la punta del electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia suficiente para mantener el

arco. Los electrodos tienen la forma de una varilla delgada y larga, por lo que este proceso se denomina también soldadura con varilla. (Burgos, 1987).

Easterling (1992), el proceso de arco y metal protegido se usa con frecuencia en la construcción en general, en astilleros, oleoductos y en trabajos de mantenimiento, porque el equipo es portátil y se puede reparar con facilidad. Es muy útil en zonas remotas, donde puede llevar un generador con motor de combustión como fuente de electricidad. El proceso se adapta bien para espesores de pieza de 3 a 19 mm, aunque se puede ampliar con facilidad este intervalo si los operadores son hábiles y usan técnicas de múltiples pasos. En consecuencia, los costos de mano de obra y material son altos.

1.7.1. Establecimiento de la tecnología de soldadura

El establecimiento de la tecnología de soldadura de un conjunto o ensamble soldado es una tarea de bastante complejidad que debe resolver el ingeniero mecánico. Es importante destacar que el establecimiento de una tecnología de soldadura no sigue una secuencia lineal de pasos, ya que el ingeniero debe hacer un análisis complejo, en el que una gran cantidad de las decisiones que va tomando depende de otras y viceversa. La tecnología correcta será aquella que permita fabricar el ensamble soldado de la forma más rápida, sencilla, económica y que a la vez permita obtener un producto con la calidad necesaria.

La correcta elaboración de una tecnología de soldadura transcurre por una serie de etapas que se resumen a continuación siguiendo un orden lo más lógico posible. El ingeniero debe tener claro que este no constituye en modo alguno un algoritmo lineal rígido, sino que solo representa una ayuda para la organización del trabajo, lo que es importante sobre todo para personas que comienzan en este tipo de tarea.

Se deberá disponer de un plan de soldadura aplicable a los aceros definidos que incluirá precauciones adecuadas frente al riesgo de desgarro laminar en caso de que se transmitan tensiones de tracción en el sentido perpendicular al espesor del material. (Meyer, 1968).

El plan de soldadura incluirá los aspectos siguientes que sean pertinentes:

- a) Detalle de la unión.
- b) Tamaño y tipo de la unión.

- c) Especificaciones tales como tipo de electrodo y precalentamiento.
- d) Secuencia de soldeo limitaciones a la soldadura discontinua o comprobaciones intermedias.
- e) Cualquier giro o volteo de la pieza necesarias para el soldeo.
- f) Detalle de fijaciones provisionales.
- g) Disposiciones frente a desgarro laminar.
- h) Referencia al Plan de Inspección y Ensayos.
- i) Todos los requisitos para identificación de soldaduras

1.7.2. Llenado de la Documentación Tecnológica

Finalmente el ingeniero debe llenar la Documentación Tecnológica que se envía al taller para ejecutar la fabricación del conjunto. Esta documentación incluye todos los procedimientos de soldeo que se deben emplear, así como la descripción de todos los pasos para el ensamble, soldadura, tratamiento postsoldadura y control de la calidad de dicho conjunto. Para esto se empleará el modelo que la empresa tenga establecido.

1.8. Ensamblaje

Se llama ensamblaje a la conexión o unión de dos o más piezas, habitualmente de madera, pero también plástico, metacrilato o cualquier otro material capaz de ser cortado y tallado, de forma que unas piezas encajen rígidamente en otras. En muchas ocasiones, además del encastre entre piezas, se refuerza la unión mediante adhesivos, puntas, tornillos. Una de las piezas tiene forma de lengüeta, espiga, y se introduce o incrusta en la otra.

Los tipos de ensamblaje más habituales son los siguientes: ensamblaje a tope, que en realidad es el simple contacto entre piezas reforzado mediante adhesivo o puntas; ensamblaje de caja y espiga; de cola de milano; ensamblaje recto de media madera caracterizado por tener espigas más finas y numerosas que el de caja y espiga; machihembrado ensamblaje en el que una lengüeta tallada en la dimensión mayor de una tabla se inserta en la ranura o hembra labrada en la adyacente.

1.8.1. Clasificación de uniones

Atendiendo a los métodos de unión, hay cuatro grandes familias de técnicas de unión: mediante dispositivos o accesorios ligaduras, juntas, grapas, clavado,

atornillado, roblonado; mediante adhesivos; aprovechando procesos físicos, procesos de soldadura y difusión, con o sin aporte de material externo; mediante ensamblajes, se configuran las partes de modo que encajen y puedan permanecer solidarias. (Taylor, 1975)

Atendiendo a su duración, se puede hablar de uniones provisionales, temporales, las cuales deben ser eficaces, pero a la vez, deben permitir su eliminación para operaciones de mantenimiento o revisión y permanentes.

Al hablar de técnicas de unión, finalmente, se debe tener en cuenta el material al que van a aplicarse dichas técnicas. Es diferente unir materiales isotrópicos, tales como los metales; materiales resistentes a la compresión (cementos, cerámicos y maderas y, por último, materiales porosos o no porosos), puesto que las peculiaridades resistentes de cada uno de ellos determinan los tipos de unión que mejor soportan.

La unión realizada mediante tornillos (Micheletti, 1986) adolece de falta de rigidez y, además, el material tiende a envejecer, relajando la presión que ejerce sobre la punta, por lo que el conjunto unido mediante puntas se colapsa o separa. Un resalte en hélice, llamado fileteado, permite superar estos déficits. Si además la tija, en lugar de cilíndrica, se hace cónica, ejerce el efecto adicional de incrementar la presión sobre el material según avanza a través de él.

Los tornillos pueden clasificarse según el tipo de cabeza, al igual que las puntas, o más específica y comúnmente por el tipo de fileteado. Por lo que respecta a las tuercas, es de destacar la almenada que dispone de ranura que permiten alojar un pasador de seguridad y la ciega que termina en un casquete esférico que protege la rosca y asegura su estanqueidad.

Un elemento adicional de fijación es la arandela (Groover, 1997), que permite roscar la tuerca sin dañar el material base, ya que la tuerca gira sobre la arandela. Cuando la arandela colabora en la fijación y no sólo favorece el roscado adopta diversas formas: helicoidal arandela Grover o troncocónica arandela Beleville. Además de aumentar la superficie de contacto sobre el material unido las arandelas impiden que se afloje la tuerca, ya sea por su geometría o porque mantienen una tensión constante entre la tuerca y la base.

Existe una gran variedad de dispositivos que permiten unir partes en un todo. Los más habituales son las abrazaderas y los rácores. Las abrazaderas son dispositivos que constan de una platina y un tornillo que permite fijarlas sobre las piezas a unir, generalmente tubulares. Los rácores son dispositivos, fileteados interiormente, que unen tubos roscados en sus extremos, pudiendo ser rígidos o flexibles, de acuerdo con la finalidad que posean.

1.8.2. Fijación con elementos mecánicos. Situación y tamaño de los agujeros

El método más común de sujeción mecánica es el uso de tornillos, tuercas, roscas, pernos y una diversidad de sujetadores. Estos procesos también se llaman ensamblado mecánico. En general, la sujeción mecánica requiere que los componentes posean orificios a través de los cuales se inserten los sujetadores. Esas uniones pueden someterse a esfuerzos cortantes y de tensión, y deben estar diseñadas para resistirlos.

El diámetro de los agujeros en relación con el de los tornillos debe ser apropiado a los principios indicados en el apartado anterior.

Las holguras nominales, que sumadas al diámetro del tornillo proporcionan el del agujero son:

a) Agujeros redondos normales.

1mm para tornillos M12 y M14

2mm para tornillos M16 a M24

3mm para tornillos M27 y mayores.

b) Agujeros redondos sobredimensionados en uniones resistentes por rozamiento.

3mm para tornillos M12

4mm para tornillos M14 a M22

6mm para tornillos M24

8mm para tornillos m27 y mayores.

c) Agujeros rasgados cortos, sentido longitudinal en uniones resistentes al deslizamiento.

4mm para tornillos M12 y M14

6mm para tornillos M16 a M22

8mm para tornillos M24

10mm para tornillos M27 y mayores.

Para los agujeros rasgados, en el sentido corto, las holguras serán idénticas a las de agujero redondo.

Los tornillos calibrados se colocarán en agujeros con una holgura de 0,3 mm.

En las uniones resistentes al deslizamiento pueden disponerse holguras superiores a las indicadas en el sentido longitudinal siempre que no se supere en dos veces y medio el diámetro nominal del tornillo. En uniones al exterior los agujeros rasgados deberán quedar cubiertos por tapajuntas o arandelas de dimensiones adecuadas cuyos agujeros serán de holgura normal. Las distancias entre ejes de tornillos y de éstos a los bordes deberán cumplir con los valores mínimos establecidos en el Proyecto y también con los máximos, especialmente si la unión ha sido concebida para permitir redistribución plástica de esfuerzos en tornillos y su capacidad está determinada por la resistencia a aplastamiento.

1.9. Aceros para la fabricación

La resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables según (Guliaev,1983) es debida a una delgada película de óxido de cromo que se forma en la superficie del acero; como consecuencia del agregado de los elementos cromo, níquel, molibdeno, titanio, niobio y otros se producen distintos tipos de acero inoxidable, cada uno con diferentes propiedades.

A pesar de ser sumamente delgada ésta película invisible fuertemente adherida al metal lo protege contra los distintos tipos de corrosión, renovándose inmediatamente cuando es dañada por abrasión, corte, maquinado, etc. Aunque la mínima cantidad de cromo para conferir esta resistencia superior a la corrosión depende de los agentes de corrosión. El Hierro y el Acero han elegido el 10 por ciento de cromo como la línea divisoria entre aceros aleados y aceros inoxidables, mientras que otros establecen ese límite entre el 10,5% y el 11%.

En el continente americano la forma más popular de especificar un acero es por su número ASTM (American Society for Testing of Materials). Actualmente la mayoría de los Códigos de fabricación de recipientes a presión, estructuras, hacen referencia a las especificaciones ASTM de acero.

Ej. Acero A36, donde la A indica que se trata de un material ferroso.

Otra forma popular de especificar aceros es a través del Sistema AISI/SAE (American Iron and Steel Institute / Society of Automotive Engineers).

Ej. Acero 4340

- donde los dos primeros dígitos indican el contenido de aleación fundamental, en este caso 43 significa aleados al cromo –de níquel.
- los dos últimos dígitos indican el contenido medio de carbono, en este caso de 0,40 %.

Para conocer las propiedades mecánicas, composición química, de los aceros es necesario consultar normas, especificaciones, bases de datos.

Los elementos de aleación en el acero inoxidable según (Guliar, 1978) pueden clasificarse como estabilizadores de austenita y estabilizadores de ferrita. Los estabilizadores de austenita de importancia son el carbono, níquel, nitrógeno y manganeso. Estos elementos mejoran la retención de la austenita. Cuando está presente 12% o más de manganeso, o cuando está presente 20% o más de níquel, es imposible enfriar el acero con la lentitud suficiente para permitir que la austenita se transforme en ferrita.

La adición como mínimo de 8% de níquel a un acero con 18% de cromo lo transforma en austenítico manteniendo sus características de inoxidable. Esta y otras modificaciones, constituyen la serie 300 de la familia de Aceros inoxidables austeníticos o también llamados al cromo -níquel. Los aceros austeníticos constituyen la familia más grande de los aceros inoxidables, en términos del número de la aleación y aplicaciones. No pueden ser endurecidos por tratamiento térmico, no son magnéticos y sus estructuras son cúbicas de cara centrada, poseen excelente ductilidad y buena soldabilidad a temperaturas criogénicas.

Dentro del total de la producción mundial de aceros inoxidables, el 52 % pertenece a los aceros austeníticos inoxidables al cromo níquel. La selección de estos materiales para aplicaciones que implican resistencia a la corrosión a altas temperaturas requiere de un conocimiento profundo sobre los mecanismos y la cinética de la formación de capas superficiales, su composición química, estructura, mecanismos de difusión. Todos estos factores y otros que están

estrechamente relacionados con las propiedades mecánicas y estructurales a altas temperaturas permiten la adecuación del acero para usos específicos (De Meyer, 1968).

Estos aceros en general presentan buena soldabilidad con cualquiera de los procesos de soldadura estudiados y no requieren el empleo de precalentamiento; aunque espesores gruesos de más de 50 mm y ciertas uniones pueden requerir algún precalentamiento.

Cuando el contenido de carbono se aproxima a 0,30% y el de manganeso a 1,40% puede aparecer tendencia al agrietamiento en frío, por lo que se recomienda la soldadura con proceso de bajo hidrógeno y el empleo de precalentamiento, cuando el espesor es mayor de 25 mm.

En la actualidad se cuenta con un gran número de tipos y grados de acero inoxidable y con una gran variedad de acabados, dimensiones, tratamientos. Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades. El contenido de Cromo varía de 16 a 28%, el de Níquel de 3,5 a 22% y el de Molibdeno 1,5 a 6%. Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317.

Tiene gran aplicación en las industrias químicas, farmacéuticas, de alcohol, aeronáutica, naval, uso en arquitectura, alimenticia, y de transporte. Es también utilizado en cubiertos, vajillas, piletas, revestimientos de ascensores.

Para la unión de este tipo de aceros se han empleado tradicionalmente los procesos convencionales de soldadura por fusión; estos tipos de soldadura presentan diversos tipos de problemas característicos en el proceso:

- Gran cantidad de calor generado por el arco.
- Necesidad de empleo de fundentes.
- Uso de electrodos de materiales reactivos.
- Incompatibilidad (en ocasiones) de las propiedades mecánicas del metal de aporte y el metal base.

Estos problemas conducen a la aparición de defectos tales como:

- Elevadas distorsiones de los elementos soldados.
- Inclusión de escorias en la unión soldada.
- Excesivas salpicaduras durante el proceso.
- Excesiva porosidad.

Todo esto conlleva a pobres propiedades mecánicas de la unión soldada.

1.10. Pliego de Prescripciones Técnicas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares incluirá todos los requisitos de fabricación, montaje y materiales necesarios para garantizar el nivel de seguridad del proyecto, conteniendo indicaciones complementarias sin reducir las exigencias tecnológicas, ni invalidando los valores de calidad establecidos.

1.10.1. Planos de taller

El constructor, basándose en los planos de Proyecto, realizará los planos de taller para definir completamente todos los elementos de la estructura metálica, debiendo comprobar en obra las cotas de replanteo y la compatibilidad con el resto de la construcción.

1.10.1.1. Contenido

Los planos de taller contendrán en forma completa:

- a) Las dimensiones necesarias para definir inequívocamente todos los elementos de la estructura.
- b) La disposición de las uniones, incluso las provisionales.
- c) El diámetro de los agujeros de los tornillos, con indicación de la forma de mecanizado. Clase y diámetro de los tornillos.
- d) La forma y dimensiones de las uniones soldadas, preparación de bordes, procedimientos y posición de soldeo, material de aporte y orden de ejecución.
- e) Las indicaciones sobre mecanizado o tratamiento de las piezas.

Todo plano de taller llevará indicados los perfiles, clase de acero, pesos y marcas de cada uno de los elementos de la estructura representados en él.

1.10.2. Ensamblado previo en taller

Esta operación consiste en presentar las piezas elaboradas en taller y proceder a su ensamblado previo. Se deberá obtener una coincidencia de uniones dentro de las tolerancias aplicables, sin forzar o dañar las piezas.

Se deberá comprobar el ajuste de las superficies de apoyo por contacto en cuanto a dimensiones, ortogonalidad y planitud.

En todas las uniones o piezas provisionales utilizadas en el armado en taller se adoptarán las adecuadas medidas de seguridad y se aplicarán los criterios de esta norma como si se tratasen de elementos definitivos.

Conclusiones del capítulo I

1. El análisis bibliográfico permitió conocer las características principales del funcionamiento de la célula para medir la conductividad térmica en los sólidos granulados.
2. Las fuentes bibliográficas que fueron consultadas permitieron conocer las características generales de los procesos de manufactura o de mecanizado de los elementos de máquinas. Así como los principales elementos que intervienen en estos procesos.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1- Introducción.

El desarrollo de las máquinas-herramientas, como una de las ramas principales de la industria, que produce en sus empresas las fundamentales piezas del proceso de producción, es la base material del progreso técnico. El nivel de desarrollo, el volumen, los ritmos, y la estructura de fabricación influyen de modo considerables en los índices de la producción social.

Existe una gran diferencia entre mecánico de taller y el ingeniero mecánico, el primero es el encargado de la elaboración de piezas en las diferentes máquinas herramientas, el segundo es el encargado de la elaboración de los procesos tecnológicos que se han de elaborar posteriormente en estas máquinas. Los procesos ingenieriles son a veces más complicados, no obstante, se hace necesario enfatizar sobre ellos y aunque existen tablas y manuales con regímenes de corte recomendado, es obvio que el propio ingeniero mecánico sepa determinar el empleo adecuado de una máquina o una herramienta de trabajo determinada.

En este capítulo se plantea como objetivo: Explicar los métodos, procedimientos y condiciones en las que se realizará la tecnología de fabricación de un dispositivo para determinar la conductividad térmica de sólidos granulados de mineral laterítico reducido al enfriador de mineral a escala piloto.

2.2- Propiedades del material para la construcción del instrumento que determinará conductividad térmica en sólidos granulados

El material a utilizar es un acero austenítico AISI 316 al Ni-Cr, la composición química estándar de este según Databook (1988) y editada por la American Society for Metals, según el Alloy Casting Institute (ACI), muestra la designación adoptada por la AISI y SAE, las cuales a su vez, coinciden con el sistema de numeración Unified Numbering System – UNS, de la American Society for testing Materials – ASTM y la SAE, se refleja a continuación en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Composición química estándar del acero austenítico AISI 316.

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
0,08	2,0	0,04	0,03	0,75	16,0 -18,0	10,0 – 14,0	2,0 – 3,0

En la tablas 2.2 se presentan las propiedades físicas a temperatura ambiente, para los grados de acero inoxidable según Key to Steel (2002). Las propiedades físicas pueden variar ligeramente con la forma y el tamaño del producto, pero tales variaciones no suelen ser de importancia crítica para su aplicación.

Tabla 2.2. Propiedades físicas del acero AISI 316.

Propiedades	Unidad	Valor
Densidad	[kg/dm ³]	7,95
Módulo de Dilatación	[10 ⁻⁵ ° C ⁻¹]	16,0
Módulo de Elasticidad longitudinal	[N/mm ²]	193
Módulo de Elasticidad transversal	[10 ⁵ kg/cm ²]	8,0
Capacidad de Calor Específico a 20°C	[J/(kg.°C)]	500
Punto Fusión	°C	1371 – 1398
Coeficiente de Poisson	NA	0,3
Conductividad Térmica	W/m°K	[100 °C] →16
		[500 °C] →21
Coeficiente de Expansión Térmica	[10 ⁻⁶ ° C ⁻¹]	[0/100°C] 16,02
		[0/300°C] 16,20
		[0/500°C] 17,46
		[0/700°C] 18,54

Desde el punto de vista estructural, la propiedad física más importante es el coeficiente de dilatación térmica lineal que, para los grados austeníticos, difiere considerablemente del correspondiente al acero al carbono ($12 \times 10^{-6} \text{°C}^{-1}$). En los casos en los que se utilice conjuntamente acero al carbono y acero inoxidable, deberá considerarse en su dimensionamiento el efecto de dicha dilatación térmica diferencial.

2.3- Metodología de cálculo para la tecnología de fabricación

Como se ha hecho referencia en ocasiones anteriores, para la realización de la tecnología de fabricación del enfriador de mineral, se hace de obligatoria consulta la metodología de cálculo compilada por Fernández (2004), a través de

la cual se pueden realizar los diferentes cálculos de maquinado por los cuales transitarán las piezas que conforman el equipo. Los procesos de maquinado que se emplearán para la fabricación de las piezas serán el torneado, taladrado, y la soldadura.

El instrumento será construido para determinar la conductividad térmica del material que se encuentra en un enfriador de mineral de la Empresa Ernesto Ché Guevara y así poder simular la transferencia de calor en el proceso y poder obtener datos fiables en la simulación matemática del proceso de enfriamiento del material reducido por los hornos de reducción de dicha empresa.

2.4- Operación de torneado del instrumento de mineral.

El torneado es aquella operación que se realiza en el torno, incluyendo posibilidades tecnológicas como son: torneado exterior (desbaste y acabado), torneado interior (mandrinado, desbaste y acabado), taladrado y refrentado.

Para el desarrollo eficiente de este tipo de maquinado es necesario tener en cuenta una serie de parámetros o regímenes de corte, los cuales serán explicados a continuación:

2.4-1. Máquina a utilizar

A la pieza se le realizará la operación de torneado en un Torno 16K20.

2.4-2. Caracterización del torno 16K20

Los trabajos de torneado y experimental se realizaron en el torno 16K20, en el mismo se puede realizar todas las operaciones, presenta las mejores cualidades del sistema de mando, en el cual están centralizadas todas las operaciones de trabajo y auxiliares.

Altura del centro sobre bancada: 215 mm. Distancia entre punto hasta 2000 mm. Potencia del motor $N_m = 10 \text{ kW}$; rendimiento del torno $\eta = 0,75$. Tensión 400 V. Máxima fuerza de corte axial admisible por el mecanismo de avance, $P_x = 600 \text{ kgf}$.

Frecuencia de rotación del husillo (r/min): 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Avances longitudinales (mm/rev): 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,6; 2; 2,4; 2,8.

Avances transversales (mm/rev): 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4.

2.4-3. Herramientas

La herramienta que se empleará es una cuchilla T15k6 que no es más que una aleación de carburos de titanio en una base de carburos de cobalto según la norma GOST, también se pueden utilizar otro grupo de herramientas como la P18 y según otras normas como la DIN se puede utilizar la K 30. Se pueden utilizar además una cuchilla de plaquitas por fijación mecánica de la marca SANDVIK de tipo CNMQ 04 04 MF.

Las herramientas a utilizar en dependencia de las operaciones tendrán los siguientes ángulos.

- 45° para refrentar.
- 90° para cilindrar.
- 60° para el cilindrado interior o mandrilado.

Independientemente de estas herramientas que se utilizarán en el torno una broca de HSS de diámetro 10,25 mm y un macho de 12 mm de paso 1,75.

2.5- Regímenes de corte para el Torneado

Metodología de cálculo que se emplea para determinar los parámetros de trabajo en las máquinas herramientas. Para el desarrollo de este trabajo se utilizará la metodología compilada por Fernández (2004).

2.5-1. Frecuencia de rotación

Se entiende como el número de vueltas que realiza el husillo de la máquina para ejecutar el proceso de maquinado.

Teniendo en cuenta que para determinar los regímenes de cortes en ocasiones se ofrecen datos relacionados con la frecuencia de rotación del husillo (n) o con la velocidad de corte (V_c), pero en caso que se tenga ninguno de estos parámetros se deben calcular, los cuales se realizan a partir de las fórmulas empíricas según “Teoría del corte de los metales”, a través de la ecuación de **Ferrer, E, 1983**. (2.1).

$$V_h = \frac{C_v}{T^m \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v}} \cdot K_v \quad (2.1)$$

- Donde:
- V_h : Velocidad del husillo; rpm.
- C_v : Factor cuya magnitud depende del material a elaborar y de las condiciones fijas del proceso de corte. (Tabla 2.3).
- T : Durabilidad de la herramienta; min.
- t : Profundidad de corte; mm.
- S : Avance; mm/rev.
- m : Exponente de durabilidad relativa (Tabla 2.3).
- X_v y Y_v : Exponentes de grado que determinan como influyen la profundidad y el avance en la velocidad.
- K_v : Coeficiente de corrección que rectifica las condiciones cambiadas del proceso. Representa el producto de unos cuantos coeficientes particulares.

Tabla 2.3. Exponentes de corrección según velocidad, profundidad y durabilidad relativa.

Metal a elaborar	Características de la elaboración y material de la herramienta	C_v	X_v	Y_v	m
Acero aleado al carbono	TK	227	0,15	0,35	0,20
		221	0,15	0,45	0,20

El Coeficiente de corrección K_v : que representa el producto de varios coeficientes particulares. Se determina según la ecuación 2.2.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{ev} \cdot K_{sv} \cdot K_{cv} \cdot K_v^{\phi} \cdot K_v^{\phi 1} \cdot K_{rv} \cdot K_v^{\gamma} \cdot K_{hfv} \quad (2.2)$$

- Donde:
- K_{mv} : coeficiente de corrección para el metal en elaboración (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Coeficiente de corrección para las propiedades del metal en elaboración K_{mv} .

Acero de construcción al carbono	σ (kgf/mm ²)								
	30 a	40 a	50 a	60 a	70 a	80 a	90 a	100 a	110 a
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente K_{mv}	0,84	2,2	1,6	1,25	1,0	0,83	0,71	0,61	0,53

- K_{ev} : coeficiente de corrección para el estado del material a elaborar (Tabla 2.5)

Tabla 2.5. Coeficiente de corrección para el estado del metal a elaborar K_{ev} .

Estado del metal	Laminado en frío	Laminado caliente	Normalizado	Recocido
Coeficiente K_{ev}	1,1	1,0	0,95	0,9

- K_{sv} : coeficiente de corrección para el estado superficial del metal a elaborar (Tabla 2.6).

Tabla 2.6. Coeficiente de corrección para el estado superficial del metal a elaborar K_{sv} .

Acero	Sin óxido	Con óxido	Sin costra
Coeficiente K_{sv}	1,0	0,9	1

- K_{cv} : coeficiente de corrección en dependencia del material de la herramienta (Tabla 2.7).

Tabla 2.7. Coeficiente de corrección en dependencia del material de la herramienta Kcv.

Marca del carburo metálico	T5 K 10	T 15 K 6	T 30 K 4
Coeficiente Kcv	1,0	1,54	2,15

- K_v^φ : coeficiente de corrección para el ángulo principal de posición (tabla 2.8).

Tabla 2.8. Coeficiente de corrección para el ángulo principal de posición K_v^φ .

Angulo φ	10	20	30	45	60	70	90
K_v^φ para la elaboración de aceros	1,55	1,3	1,13	1,0	0,92	0,86	0,81

- $K_v^{\varphi_1}$: coeficiente de corrección para el ángulo secundario de posición (Tabla 2.9).

Tabla 2.9. Coeficiente de corrección para el ángulo secundario de posición $K_v^{\varphi_1}$.

Ángulo secundario de posición	10	15	20	30	45
Coeficiente φ_1	1,0	0,97	0,94	0,91	0,87

- K_{rv} : coeficiente de corrección para el radio de la punta de la herramienta (Tabla 2.10).

Tabla 2.10. Coeficiente de corrección del radio de la punta de la herramienta K_{rv} .

Metal a elaborar	Carácter de la elaboración	Radio de punta de la herramienta (mm)			
		1	2	3	4
		Coeficiente K_{rv}			
Acero	Pieza bruta	0,94	1,0	1,03	-----
	Semi acabada	0,86	1,0	1,09	1,21

- K_v^γ : coeficiente de corrección para el ángulo de ataque (Tabla 2.11).

Tabla. 2.11. Coeficiente de corrección para el ángulo de ataque $K_{\gamma v}$.

Forma de la superficie de ataque (Coeficiente K_v)		
Positiva	fase negativa	negativa
0,87	1,0	1,05

- K_{hfv} : coeficiente de corrección para el desgaste permisible en la superficie de incidencia (Tabla 2.12).

Tabla. 2.12. Coeficiente de corrección para el desgaste permisible en la superficie de incidencia K_{hfv} .

Magnitud del desgaste (mm)	0,8 a 1,0	1,5	2
Coeficiente K_{hfv}	1,0	1,1	1,2

Para determinar la frecuencia de rotación del husillo se utiliza la ecuación 2.3.

$$n = \frac{1000.V_h}{\pi.D} \quad (2.3)$$

- Donde:
- n : Frecuencia de rotación del husillo; rev/min.
- Nota: después de determinada la frecuencia de rotación del husillo es necesario estandarizarla por las características técnicas de la máquina.

2.5-2. Velocidad de corte

Es la distancia que recorre el filo de corte de la herramienta al pasar en dirección del movimiento principal (movimiento de corte) respecto a la superficie que se trabaja. El movimiento que se origina, la velocidad de corte puede ser rotativo o alternativo; en el primer caso, la velocidad de corte o velocidad lineal relativa entre pieza y herramienta corresponde a la velocidad tangencial en la zona donde se está efectuando el desprendimiento de viruta, es decir donde entran en contacto herramienta y pieza. En el segundo caso, la velocidad relativa en un instante dado es la misma en cualquier punto de la pieza o la herramienta, según la ecuación 2.4 se puede determinar la velocidad de corte.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.4)$$

- Donde:
- V : Velocidad de corte; m/min.
- π : Constante.
- n : Frecuencia de rotación; r.p.m.
- D : Diámetro a torneear; mm.
- 1000: Coeficiente de conversión de milímetros en metro.

2.5-3. Avance

Se entiende por avance al movimiento de la herramienta respecto a la pieza o de esta última respecto a la herramienta en un periodo de tiempo determinado. El avance se designa generalmente por la letra "S" y se mide en milímetros por una revolución del eje del cabezal o porta-herramienta, y en algunos casos en milímetros por minuto. Se obtiene a través del Casillas (1987), página 615.

2.5-4. Profundidad de corte

Se denomina a la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta. Generalmente se designa con la letra "t" y se mide en milímetros en sentido perpendicular. La misma se determina a través de la ecuación 2.5.

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (2.5)$$

- Donde:
- t : Profundidad de corte; mm.
- D : Diámetro de la barra; mm.
- d : Diámetro de la pieza; mm.

2.5-5. Tiempo de maquinado

Es el tiempo invertido en la ejecución de una operación y se determina a través de la ecuación 2.6.

$$T_m = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \quad (2.6)$$

- Donde:
- T_m : Tiempo de maquinado; min.
- L : Longitud de la barra; mm.
- i : Número de pasadas.
- n : Frecuencia de rotación; rpm.

El tiempo de maquinado para el cilindrado pasante se determina por la ecuación 2.6 pero la longitud a maquinar se determina en función de la ecuación 2.7.

$$L = l + y + \Delta \quad (2.7)$$

- Donde:
- l : Longitud de la barra para el cilindrado; mm

El tiempo de maquinado para el refrentado pasante se determina por la ecuación 2.6, la longitud a maquinar se determina en función de la ecuación 2.8.

$$L = \frac{D}{2} + y + \Delta \quad (2.8)$$

Para todos los casos la longitud de entrada de la cuchilla y se determina a través de la ecuación 2.9.

$$y = t \cdot \cot \varphi \quad (2.9)$$

- Donde:
- y : Longitud de entrada de la cuchilla; mm.
- $\Delta = 1$ a 3

- $\cot 45^\circ = 1$ $\cot 60^\circ = 1.7$

2.5-6. Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos.

El tiempo de trabajo como regla debe ser tiempo útil completamente normado. Al obrero hay que crearles las mejores condiciones de trabajo que permitan en el transcurso de la jornada utilizar el tiempo económico racional. T_{pu} , es el tiempo por unidad de producción de las normas técnicamente fundamentadas del tiempo necesario para ejecutar la operación tecnológica dada al aplicar los métodos modernos de maquinado y se determina a través de la ecuación 2.10.

$$T_{pu} = T_b \cdot T_a \cdot T_{pt} \cdot T_{org} \cdot T_{dnp} \quad (2.10)$$

- Donde:
- T_{pu} : Tiempo por unidad de producción y la suma de todos los tiempos de las diferentes categorías; min.
- T_a : Tiempo que se gasta en la colocación de piezas, arranque y parada de la máquina, conexión y desconexión del avance, medición de la pieza; min.
- T_b : Tiempo básico o principal de máquina; min.
- T_{pt} : Tiempo de procesos tecnológicos; min.
- T_{org} : Tiempo organizativo; min.
- T_{dnp} : Tiempo de descanso y necesidades personales; min.

El tiempo que se gasta en cambiar las dimensiones, la forma y rugosidad de la pieza y puede ser manual o de máquina, se denomina T_b y se expresa en min. Para ello se puede utilizar también la ecuación 2.6.

El tiempo que se gasta para el cuidado del puesto de trabajo y otros gastos como buscar herramientas, limpieza de la máquina, llamado también T_{pt} , se determina a través de la ecuación 2.11.

$$T_{pt} = (0,04 \text{ a } 0,8) \cdot T_b \quad (2.11)$$

El tiempo que se gasta en la colocación de piezas, arranque y parada de la máquina, conexión y desconexión del avance, medición de la pieza T_a , se determina a través de la ecuación 2.12.

$$T_a = (0,18 \text{ a } 0,25) \cdot T_b \quad (2.12)$$

El tiempo en el cual se realiza un trabajo productivo dirigido al concepto de una tarea (operación) T_{org} , se determina a través de la ecuación 2.13.

$$T_{org} = T_b + T_a \quad (2.13)$$

En el tiempo de descanso y necesidades personales, entran las pausas y el descanso físico T_{dnp} . Este tiempo suele descontarse de la jornada laboral.

$$T_{dnp} = (0,17 \text{ a } 0,25), \text{ para una jornada de trabajo de 8 horas.}$$

2.6- Operación de taladrado

El taladrado es uno de los más antiguos y utilizados métodos de elaboración de orificios, donde se realiza la operación de elaboración de agujeros con una herramienta llamada broca, la broca helicoidal apareció a principio del siglo XIX (1860). El taladrado es un proceso de maquinado muy importante debido a su gran uso en la industria, representando un 25 % del porcentaje de producción de dichos procesos; el mismo es relativamente complejo a pesar de que aparenta ser muy sencillo.

2.6-1. Máquina a utilizar

Taladradora vertical modelo 2H135: El diámetro máximo de los orificios que se labran en piezas de acero, es de 25 mm. La potencia del motor es de 2,8 kW ; con un rendimiento de la taladradora de 0,8. Frecuencia de rotación del husillo (r/m): 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000. Avance (mm/rev): 0,1; 0,14; 0,2; 0,38; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. Máxima fuerza de corte axial admisible por el mecanismo de avance de la taladradora, $P_{m\acute{a}x} = 900 \text{ kgf}$

2.6-2. Elección de la herramienta de corte

La herramienta a emplear será una broca 10,25 mm de material HSS y un macho M12 estandar de HSS.

2.6-3. Regímenes de corte para el taladrado

Al igual que en el torneado, para el taladrado se tienen en cuenta las fórmulas empíricas de la teoría del corte de los metales. La velocidad del husillo se determina a través de la ecuación 2.14.

$$V_h = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_{mv} \quad (2.14)$$

- Donde:
- V_h : velocidad del husillo; rpm.
- D : Diámetro de la broca; mm.
- $q_v; x_v; y_v; m$: Exponente que para aceros: $q_v = 0,4$; $x_v = 0,1$; $y_v = 0,5$; $m = 0,2$.
- S : Avance; mm/rev, se selecciona a través de la tabla 2.13.
- t : Profundidad de corte; mm.
- T : Durabilidad de la herramienta; min.
- K_{mv} : Coeficiente de corrección para las propiedades del metal en elaboración (Tabla 2.3).
- C_v : Coeficiente de corrección que tiene en cuenta las características del metal que se elabora. Para los aceros al carbono $C_v = 9,8$.

Tabla. 2.13. Opción de los avances para el taladrado de acero.

Diámetro de la broca (mm)	Límite de resistencia al alargamiento (80 kgf/mm ²)		
	Grupo de Avances		
	I	II	III
	Avance (mm/rev)		
8	0,18 a 0,22	0,13 a 0,17	0,09 a 0,11
15	0,31 a 0,37	0,22 a 0,27	0,15 a 0,19
30	0,45 a 0,55	0,33 a 0,41	0,22 a 0,28

Por la ecuación (2.15) se puede obtener la frecuencia de rotación del husillo.

$$n = \frac{1000 \cdot V_h}{\pi \cdot D} \quad (2.15)$$

- Donde:
- n : frecuencia de rotación del husillo; rpm.
- V_h : velocidad del husillo; m/min.
- 1000: factor de conversión.

Nora: corregir por el pasaporte de la máquina; rpm.

La Velocidad de corte real será obtenida por la ecuación 2.16.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.16)$$

- Donde:
- V_c : Velocidad de corte real; m/min.
- n : número de revoluciones; rev/min.

El Tiempo de maquinado se obtendrá mediante la ecuación (2.17).

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} i \quad (2.17)$$

- Donde:
- T_m : Tiempo de maquinado; min.
- i : Números de pasadas.
- L : Longitud a maquinar; mm.

Nota: el avance (S) se selecciona por pasaporte de la máquina herramienta.

2.7- Tecnología de la soldadura

La soldadura está relacionada con casi todas las actividades industriales, además de ser una importante industria en sí misma. Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al

atornillado y al remachado en la construcción de muchas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria automotriz, en la aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier tipo de producto hecho con metales. El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles.

2.7-1. Máquina para soldar

La máquina soldadora tipo transformador produce corriente alterna. La potencia es tomada directamente de una línea de fuerza eléctrica y transformada en un voltaje requerido para soldar. El tamaño de la máquina soldadora a utilizar depende de la clase y cantidad de soldadura por hacer. Las características de la máquina a emplear para la soldadura es de marca Miller y aparecen en la tabla 2.14.

Tabla 2.14. Características de la máquina emplear del tipo Miller.

Alimentación primaria		230 V monofásica - 60/60 Hz
Consumo primario de intensidad máxima		19A (TIG) - 29A (ARCO)
Voltaje en vacío		82 V
Gama de ajuste		5 a 150 A
Factor de Marcha (a 40°C)	a 100%	100 A
	a 60%	120 A
	a 35%	150 A
Diámetro de electrodo máximo		4 mm
Índice de Protección		IP23
Normas		EN 60974-1
Dimensiones (L x a x A)		420 x 175 x 300 mm
Peso		10 kg

2.7-2. Selección del electrodo

El electrodo empleado en la unión de las piezas es el E 312, según AWS se clasifica en:

- UTP 308 E 308
- AWS A 5. 4. E 308

2.7-3. Descripción

Electrodo para soldar aceros inoxidables 19/9 resistente a la corrosión atmosférica y ácidos. Los aceros inoxidables tienen conductividad térmica baja. En estos electrodos causa sobrecalentamiento y acción incorrecta del arco cuando se usen corrientes altas.

2.7-4. Características

Suelda en todas las posiciones excepto vertical descendente. Tiene un arco estable y sin salpicaduras. El arco se enciende y reenciende con facilidad. La escoria se quita sin dificultad. La superficie del cordón tiene un aspecto liso y limpio sin socavaciones. Electrodo de muy fácil operación con CA o CD.

2.7-5. Aplicaciones

Se usa para unir y revestir aceros del tipo Cr-Ni 19/9, así como en aceros fundidos de tipo semejante. Se suelda también aceros chapeados de la misma composición química.

2.7-6. Propiedades mecánicas según AWS

A continuación las principales propiedades del electrodo a utilizar en la tabla 2.14.

Tabla 2.14. Propiedades mecánicas del electrodo 316

Resistencia la tensión	Elongación
600 MPa	38 %

2.7-7. Composición química del depósito

El material depositado en la pieza a soldar podrá contar con la siguiente composición química expuesta en la tabla 2.15.

Tabla 2.15. Composición química del depósito.

C	Cr	Ni	P
0,05	22	11	0,020

2.7-8. Cantidad de electrodos

Es habitual que quien tiene que efectuar o presupuestar un trabajo de soldadura de unión de un recipiente, una estructura o una construcción en particular, se vea en el problema de calcular cuánto material de aporte (varillas, alambres, fundentes, electrodos) necesita y muchas veces también el costo total de dicho trabajo. La cantidad de electrodos se determina a través de la ecuación 2.18.

$$C_e = \frac{S \cdot L_c \cdot \delta \cdot 1,2}{10^6} \quad (2.18)$$

- Donde:
- C_e : Cantidad de electrodos; kg.
- S : Área de la sección transversal de la pieza; mm².
- L_c : Longitud a soldar; mm.
- 10^6 - Factor de conversión.
- δ : Peso específico del material; kg/dm³.
- 1,2: Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas por salpicaduras, calentamiento, aprovechamiento del electrodo.

2.7-9. Cálculo del consumo del tiempo principal de soldadura en la unión

La base de cálculo del material necesario para llenar la junta es la determinación de la sección transversal de dicha junta. El valor de la sección S , dependerá, del tipo de junta y chaflán a utilizar. El cálculo del tiempo principal de soldadura se determina a través de la ecuación 2.19.

$$t_o = \frac{\delta \cdot F \cdot L}{K_h \cdot I} \quad (2.19)$$

- Donde:
- t_o : Tiempo de soldadura; min.
- δ : Peso específico del material; kg/dm³.
- F : Área de la sección transversal del cordón; cm².
 - F_1 - (6 a 8) d_{elect} para la primera pasada.

- F_2 - (8 a 12) d_{elect} demás pasada.
- L : Longitud a soldar; mm.
- K_h : Coeficiente de depósito (8,9 a 9,5).
- I : Intensidad de corriente; A.
- El tiempo de servicio al puesto de trabajo será igual del 3 al 5 % del tiempo operativo.
- El tiempo de descanso del obrero se tomará entre un 5 y un 15 % del tiempo operativo.

Para gasto de la mano de obra indirecta se toma aproximadamente a un 30% del tiempo operativo, excepto para el tratamiento térmico.

Conclusiones del capítulo II

- Se establecieron las ecuaciones que permiten determinar los regímenes de corte durante los procesos de torneado, taladrado y soldadura.
- Se caracterizó el tipo de material para la construcción del instrumento, de electrodo a utilizar y el equipamiento para la soldadura.

CAPITULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Introducción

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos durante el desarrollo de la tecnología de fabricación del instrumento de medición para la determinación de la conductividad térmica de los sólidos granulados, con el sistema de sujeción para los termopares interiores que garanticen la explotación eficiente del instrumento en el ISMM y así poder realizar un estudio más eficiente en los enfriadores de mineral de la Empresa Ernesto Che Guevara. Además se realiza la valoración técnico-económica, así como el impacto medioambiental en que se incurre durante la fabricación del instrumento.

El objetivo del capítulo es: realizar la valoración crítica de los resultados y a través de ella, explicar los fundamentos científicos que dan solución al problema planteado a partir de la interpretación de las regularidades observadas.

3.2. Etapas de elaboración por maquinado del instrumento

Es necesario explicar que el instrumento se construye a partir de un tubo de dimensiones 114 mm de diámetro por 218 mm de largo, de acero austenítico 316. La tapa es obtenida por el corte de una barra de este acero 316 de diámetro 140 mm y se corta a un ancho de 16 mm, ya que los bordes de la barra presentan un corte inicial muy inclinado. La tapa inferior o soporte del instrumento se obtuvo de la misma barra de la tapa, solo que se corta una sección de 60 mm de longitud. El aro se obtiene de esta barra pero de una sección igual a la de la tapa superior. Para entender mejor como es el instrumento y las piezas independientes de las cuales se unen y forman el instrumento se puede observar en los planos que aparece en los anexos.

Para establecer las dimensiones del sistema de sujeción de los cuatros (4) termopares encargados de medir la temperatura del mineral en el interior del cilindro de prueba (instrumento), se tuvo en cuenta las dimensiones de los racores y cables encargados de llevar la señal hasta el exterior del cilindro. Necesitándose para este una pieza en forma de tubo con un diámetro interior de 120 a 130 mm (soporte), los termopares se construyeron con un tubo de diámetro igual a 6 mm.

El tiempo maquinado o tiempo que se gasta en cortar esta barra en una segueta es de 1 hora con 15 minutos. Si se realizan tres cortes entonces el tiempo total es de 3 horas con 45 minutos.

3.2.1. Ruta tecnológica para la elaboración del cuerpo del instrumento

El cuerpo del instrumento como ya hemos dicho se fabricará de una sección de tubo, en uno de sus extremos presenta un encaje el cual permitirá el sellaje de la unidad en el ensamble, garantizando la hermeticidad del instrumento. Para la elaboración de dicho instrumento hay que seguir los siguientes pasos según el plano de fabricación, para poder garantizar los requisitos técnicos necesarios para su explotación.

3.2.1.1 Ruta tecnológica del cuerpo (tubo)

Para entender mejor los resultados obtenidos por la metodología de cálculo del capítulo II, desarrollaremos la ruta tecnológica con los resultados obtenidos y serán tabulados. Los pasos lógicos a seguir para la fabricación del cuerpo son:

005 Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas.

Como lo indica la operación se instala en el plato de la máquina y se asegura que rote céntricamente. $T_a = 2.5$ minutos según la ecuación 2.12.

010 Refrentado a limpiar superficie y emparejar el corte.

Tabla 3.1. Resultados de los cálculos de la operación 010 de Refrentado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	86,32	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	249,9	250	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	86.35	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,3	0,3	mm/rev	
Profundidad $\Rightarrow t$	2		mm	2.5
Número de pasadas $\Rightarrow i$	2	—	—	—
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,24	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	13,5	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	10	—	mm	

Esta pieza que se va a fabricar es de un instrumento que debe tener buen acabado superficial y es una pieza larga. El plato de la máquina donde se fabricará es pequeño, por lo que se ha decidido tomar valores de avances de semiacabado y acabado con pocas profundidades.

015 Cilindrado exterior para la realización del encaje.

Tabla 3.2. Resultados de los cálculos de la operación 015 de cilindrado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	75,42	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	221,2	200	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	69,08	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,3	0,3	mm/rev	
Profundidad $\Rightarrow t$	2		mm	2.5
Número de pasadas $\Rightarrow i$	2	—	—	—
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,075	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	5	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	2	—	mm	

020 Cilindrado interior o mandrinado para la realización del encaje.

Tabla 3.3. Resultados de los cálculos de la operación 020 Mandrinado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	75,42	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	272,9	250	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	70,65	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,3	0,3	mm/rev	
Profundidad $\Rightarrow t$	2		mm	2.5
Número de pasadas $\Rightarrow i$	2	—	—	—
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,24	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	13,5	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	10	—	mm	

025 Matar cantos vivos.

Esta operación se realiza con la cuchilla de refrentar $\phi=45$ y el mismo régimen de corte del mandrilado y consiste en eliminar los cantos vivos que quedan, es igual a un biselado solo que no debe ser muy grande, es decir, poca profundidad. $T_m= 0,15$ minutos según ecuación 2.6.

030 Invertir Pieza.

Consiste en montar y desmontar la pieza para cambiarla de posición, y así poder elaborar el otro extremo. $T_a= 2.5$ minutos según la ecuación 2.12.

035 Refrentado a dar longitud total.

Esta operación es igual a la operación 010 ya que la pieza es la misma y no varía el diámetro ni la herramienta con que se elabora.

040 Realizar biseles.

Se realiza un bisel interior de $1 \times 45^\circ$ y otro exterior de $3 \times 45^\circ$ este último se realiza más grande para garantizar una buena penetración del cordón en el proceso de soldadura. $T_m = 0,21$ minutos según ecuación 2.6.

045 Desmontar pieza.

Como lo indica la operación la pieza se baja de la máquina ya que se ha terminado su elaboración. $T_a = 2.5$ minutos según la ecuación 2.12.

3.2.2. Ruta tecnológica para la elaboración de la tapa del instrumento

Para entender mejor los resultados obtenidos en la metodología de cálculo desarrollada en el capítulo II, tabularemos los resultados con la ruta tecnológica. Esta pieza pasa por operaciones de torneado (torno) y taladrado en una taladradora. Los pasos lógicos a seguir para la fabricación son:

3.2.2.1. Operaciones en el torno.

005 Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas.

Como lo indica la operación se instala la pieza en la máquina, garantizando que esta rote céntricamente. $T_a = 2$ minutos según la ecuación 2.12.

010 Refrentado a emparejar el corte.

Tabla 3.4. Resultados de los cálculos de la operación 010 refrentado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	75,42	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	272,9	250	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	70,65	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,3	0,3	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	2	—	mm	2.5
Número de pasadas $\Rightarrow i$	2	—	—	—
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	1,25	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	75	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	70	—	mm	—

015 Centrado y Taladrado.

En esta operación se utiliza una herramienta en específico, la broca de centrado, que como su nombre lo dice se utiliza para buscar el centro geométrico de la pieza. Después de realizada esta entonces se taladra con una broca de 10,25 mm.

Tabla 3.5. Resultados de los cálculos de la operación 020 taladrado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	10,42	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	328,48	350	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	11,54	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,18	2	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	2	—	mm	2.5
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,286	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	20	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	12	—	mm	—

020 Realizar biseles 2x45°.

Esta operación se realiza con la cuchilla de refrentar $\phi=45$ y el mismo régimen de corte del refrentado. $T_m= 0,15$ minutos según ecuación 2.6.

025 Invertir Pieza.

Consiste en montar y desmontar la pieza para cambiarla de posición, y así poder elaborar el otro extremo. $T_a= 4$ minutos según la ecuación 2.12.

030 Refrentado a dar longitud total.

Esta operación es igual a la operación 010 ya que la pieza es la misma y no varía el diámetro ni la herramienta con que se elabora.

035 Realizar biseles 2x45°.

Esta operación se realiza con la cuchilla de refrentar $\phi=45$ y el mismo régimen de corte del refrentado. $T_m= 0,15$ minutos según ecuación 2.6.

040 Pasar macho 12 x 1,75.

Esta operación consiste en pasar el macho por el agujero previamente elaborado, el tiempo de maquinado varía en dependencia de cómo se haga la rosca, ya sea a mano o a máquina. El material del macho es de acero rápido (HSS) y en este caso la operación se realizará a máquina.

Tabla 3.6. Resultados de los cálculos de la operación 040 roscado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	4,12	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	109,34	100	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	3,768	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,18	2	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	2	—	mm	2.5
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	1,29	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	50	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	8	—	mm	—

045 Desmontar pieza.

Como lo indica la operación la pieza se baja de la máquina ya que se ha terminado su elaboración. $T_a = 2,5$ minutos según la ecuación 2.12.

3.2.2.2. Operaciones en la taladradora

005 Trazar orificios en la pieza.

Esta operación la realiza un mecánico B y consiste en pintar la pieza con cal, carburo u otro elemento. Luego se busca el centro geométrico de la pieza y a partir de ahí se traza la circunferencia donde van ubicados los orificios, en dependencia de la cantidad de estos y el diámetro se calcula la cuerda, distancia entre los orificios, esto se realiza con un compás y luego se granetea. El tiempo de realización de esta operación es de 6 minutos.

010 Instalar pieza en mesa de la máquina con bridas.

Como lo indica la operación se baja ya que se ha terminado la elaboración en esta máquina. $T_a = 2$ minutos según la ecuación 2.12.

015 Taladrado de los cuatros orificios.

Tabla 3.7. Resultados de los cálculos de la operación 015 taladrado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	10,12	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	414,45	350	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	3,768	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,16	0.14	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	8	—	mm	2.5

Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,306	—	min	2.6
Tiempo total 4 orificios	1,224	—	min	—
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	14,5	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	8	—	mm	—

045 Desmontar pieza.

Como lo indica la operación la pieza se baja de la máquina ya que se ha terminado su elaboración. $T_a = 2$ minutos según la ecuación 2.12.

3.2.2.3. Ruta tecnológica para la elaboración del aro del instrumento

Este aro se usa para ser soldado al cuerpo del instrumento y así poder cerrar el instrumento con la tapa de forma hermética a través de tornillos con tuercas. Este aro es igual que la tapa, solo que el orificio del centro es más grande y necesita una operación de mandrilado, pero sale de la misma barra que salió la tapa y posee las mismas dimensiones, por lo que algunos de los cálculos se repiten. Para entender mejor los resultados obtenidos en la metodología de cálculo del capítulo II desarrollaremos la ruta tecnológica con los resultados obtenidos tabulados. Los pasos lógicos a seguir para la fabricación de la tapa del instrumento en dependencia de los planos en anexos son:

3.2.3.1 Operación de torneado

005 Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas.

Como lo indica la operación se instala la pieza en el plato autocentrante de tres mordaza de la máquina, garantizando que la pieza rote céntricamente. $T_a = 2$ minutos según la ecuación 2.12.

010 Refrentado para emparejar el corte y limpiar superficie.

Es la misma operación 010 de la elaboración de la tapa pues el aro parte de un semiproducto igual al de la tapa de ancho y diámetro. El material y la herramienta utilizada son la misma.

015 Centrado y Taladrado.

En esta pieza se utiliza una herramienta en específico, la broca de centrado, que como su nombre lo dice se utiliza para encontrar el centro geométrico de la pieza. Después de realizada esta entonces se taladra con una broca de 25 mm.

Tabla 3.8. Resultados de los cálculos de la operación 015 taladrado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	18,46	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	235,16	250	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	19,63	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,45	0.4	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	12	—	mm	2.5
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,204	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	20	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	12	—	mm	—

020 Retaladrado con diámetro 45.

Tabla 3.9. Resultados de los cálculos de la operación 020 retaladrado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	24,52	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	177,58	160	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	22,61	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,5	0.56	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	12	—	mm	2.5
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,279	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	25	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	12	—	mm	—

025 Mandrinado a obtener diámetro de 114 mm.

Tabla 3.10. Resultados de los cálculos de la operación 025 mandrinado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	79,41	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	282,6	300	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	22,61	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,4	0.56	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	4	—	mm	2.5
Número de pasada i	8	—	—	—
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,142	—	min	2.6
Tiempo total de maquinado	1,136	—	min	—
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	17	—	mm	2.7

Longitud $\Rightarrow l$	12	—	mm	—
--------------------------	----	---	----	---

030 Realizar biseles 2x45°.

Esta operación se realiza con la cuchilla de refrentar $\phi=45$ y el mismo régimen de corte del refrentado. $T_m=0,15$ minutos según ecuación 2.6.

035 Invertir Pieza.

Consiste en montar y desmontar la pieza para cambiarla de posición, y así poder elaborar el otro extremo. $T_a=4$ minutos según la ecuación 2.12.

040 Refrentado a dar longitud total.

Esta operación es igual a la operación 010 ya que la pieza es la misma y no varía el diámetro ni la herramienta con que se elabora. Solo varía la longitud de maquinado que en este caso es de 15 mm y el $T_m=0,2$ minutos.

035 Realizar biseles 2x45°.

Esta operación se realiza con la cuchilla de refrentar $\phi=45$ y el mismo régimen de corte del refrentado. $T_m=0,15$ minutos según ecuación 2.6.

045 Desmontar pieza.

Como lo indica la operación la pieza se baja de la máquina ya que se ha terminado su elaboración. $T_a=2.5$ minutos según la ecuación 2.12.

3.2.3.2. Operaciones en la taladradora

Esta operación tiene la misma consecutividad que la misma operación de la de la taladradora para la tapa, ya que se utilizan las mismas herramientas y el material por lo que los valores de velocidad y demás son iguales.

005 Trazar orificios en la pieza.**010 Instalar pieza en mesa de la máquina con bridas.****015 Taladrado de los cuatros orificios.****045 Desmontar pieza.****3.2.3.3 Ruta tecnológica para la elaboración de la base del instrumento**

Esta base o soporte estará soldado al cuerpo del instrumento. En esta parte van instalados los racores que sujetan los termopares y la resistencia, garantizando la hermeticidad del instrumento. Esta base se fabrica del mismo acero de la tapa y el aro con las mismas dimensiones, por lo que obtendrán los mismos valores. Los resultados obtenidos en la metodología de cálculo del

capítulo II serán desarrollados con la ruta tecnológica. Los pasos lógicos para la fabricación de la tapa según los planos en anexos son:

3.2.3.4 Operación de torneado

005 Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas.

Como lo indica la operación se instala la pieza en el plato autocentrante de tres mordaza de la máquina, garantizando que la pieza rote céntricamente. Ta= 2 minutos según la ecuación 2.12.

010 Refrentado para emparejar el corte y limpiar superficie.

Es la misma operación 010 de la elaboración de la tapa y el aro pues en base se usa el mismo material y la herramienta de corte.

015 Centrado y Taladrado.

Tabla 3.8. Resultados de los cálculos de la operación 015 taladrado con una broca de 25 mm.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	18,46	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	235,16	250	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	19,63	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,45	0.4	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	52	—	mm	2.5
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,46	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	52	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	48	—	mm	—

020 Retaladrado con diámetro 45.

Tabla 3.9. Resultados de los cálculos de la operación 020 taladrado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow V_h$	24,52	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	177,58	160	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow V_c$	22,61	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,5	0.56	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	55	—	mm	2.5
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,65	—	min	2.6
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	55	—	mm	2.7

Longitud $\Rightarrow l$	48	—	mm	—
--------------------------	----	---	----	---

025 Mandrinado a obtener diámetro de 114 mm.

Tabla 3.10. Resultados de los cálculos de la operación 025 mandrinado.

Parámetros	Valor	Estandarizado	U/ M	Ecuación
Velocidad del husillo $\Rightarrow v_h$	79,41	—	m/min	2.4
Revoluciones del husillo $\Rightarrow n$	282,6	300	rev/min	2.3
Velocidad de Corte $\Rightarrow v_c$	22,61	—	m/min	2.4
Avance $\Rightarrow S$	0,4	0.56	mm/rev	—
Profundidad $\Rightarrow t$	4	—	mm	2.5
Número de pasada i	8	—	—	—
Tiempo de Maquinado $\Rightarrow T_p$	0,458	—	min	2.6
Tiempo total de maquinado	3,667	—	min	—
Longitud a maquinar $\Rightarrow L$	51	—	mm	2.7
Longitud $\Rightarrow l$	48	—	mm	—

030 Realizar biseles 2x45°.

Esta operación se realiza con la cuchilla de refrentar $\phi=45$ y el mismo régimen de corte del refrentado. $T_m= 0,15$ minutos según ecuación 2.6.

035 Invertir Pieza.

Consiste en montar y desmontar la pieza para cambiarla de posición, y así poder elaborar el otro extremo. $T_a= 4$ minutos según la ecuación 2.12.

040 Refrentado a dar longitud total.

Esta operación es igual a la operación 010 de la tapa, ya que el diámetro de la pieza es la misma y la herramienta con que se elabora. $T_m=0,2$ minutos.

035 Realizar biseles 2x45°.

Esta operación se realiza con la cuchilla de refrentar $\phi=45$ y el mismo régimen de corte del refrentado. $T_m= 0,15$ minutos según ecuación 2.6.

045 Desmontar pieza.

Como lo indica la operación la pieza se baja de la máquina ya que se ha terminado su elaboración. $T_a= 2.5$ minutos según la ecuación 2.12.

3.2.3.5. Operaciones en la taladradora

005 Trazar orificios en la pieza.

Esta operación la realiza un mecánico B y consiste en pintar la pieza con cal, carburo u otro elemento. Luego se busca el centro geométrico de la pieza y a partir de ahí se traza la circunferencia donde van ubicados los orificios, en dependencia de la cantidad de orificios y el diámetro se calcula la cuerda (distancia entre los orificios), esto se realiza con un compás y luego se granetea. El tiempo de realización es de 8 minutos.

010 Instalar pieza en mesa de la máquina con bridas.

Como lo indica la operación se baja ya que se ha terminado la elaboración en esta máquina. $T_a = 2$ minutos según la ecuación 2.12.

015 Taladrado de los cinco orificios.

El taladrado se realiza para colocar 5 racores igual al utilizado de la tapa, el espesor de diseño de la pared del fondo donde van ubicados esto, tienen el mismo espesor de la tapa. Por lo que el cálculo de taladrado de la operación 015 de la tapa es el mismo solo varía el tiempo total ya que aquí son 5 agujeros y la tapa posee 1, el tiempo de maquinado de un orificio es 0,286 para cinco orificios es $T_m = 1,43$ minutos.

045 Desmontar piezas

Como lo indica la operación la pieza se baja de la máquina ya que se ha terminado su elaboración. $T_a = 2$ minutos según la ecuación 2.12.

3.3 Tecnología de soldadura

Como hemos expuesto anteriormente, el instrumento para la determinación de la conductividad térmica de los sólidos granulados, es construido a partir de 4 piezas independientes, dos de ella serán soldadas al cuerpo del instrumento. Por lo que es necesario desarrollar la metodología de cálculo de soldadura donde se determinará la cantidad de electrodos y tiempo de soldadura fundamentalmente.

Para determinar la longitud de soldadura del aro con el cuerpo del instrumento hay que desarrollar el perímetro de un cilindro y será el mismo para soldadura del fondo con el cuerpo, pues el diámetro es el mismo. La longitud a soldar es de 357,96 mm, el área de la sección transversal de la pieza a soldar es de 9,5 mm y el peso específico del material es de 8,2 kg/dm³. La cantidad de electrodos necesarios determinado por la ecuación 2.18 es igual $C_e = 0,3164$ kg

para la soldadura del fondo, como es necesario realizar dos soldaduras de igual magnitud, la cantidad de electrodos necesarios es de $C_e = 0,6328$ kg en total.

Para el cálculo del tiempo de soldadura según la ecuación 2.19 es necesario calcular el área de la sección transversal del cordón. El diámetro del electrodo es de 3,2 mm por lo que $F = 6 \cdot \Phi_{elec} = 19,2 \text{ mm}^2$, la corriente a consumir por la máquina para poder derretir el electrodo que es igual $I = (25-40) \cdot \Phi_{elec} = 110 \text{ A}$. El tiempo que se consume para la realización de la soldadura es de $T_o = 44,97$ min para cada cordón. Por lo que el tiempo total para los dos cordones es de 89,94 min.

3.3 Valoración económica

Al abordar la valoración técnico económica de la tecnología de la fabricación del instrumento es necesario abordar los costos que se incurre por concepto de materiales y en el proceso de fabricación, en este último hay que tener en cuenta los costo por mano de obra indirecta, directa, electricidad y otras. Para la estimación de los costos de fabricación se parte de la metodología del cálculo del costo de fabricación conocida como “Ficha para costos, precios y su componente en pesos convertibles” que en formato de hoja de cálculo se utiliza como norma empresarial en la Unión del Níquel para calcular las fichas de costo.

3.4 Costos de materiales empleados.

Son los costos que tienen incidencia en el proceso de elaboración del objeto o el producto a elaborar, en la tabla 3.11 se realiza el estimado de los materiales que se emplearon en la elaboración del instrumento.

Tabla. 3.11. Costo de fabricación del instrumento de medición.

Costo de fabricación de la pieza.			
Tipo de material	Costo de material (\$)	Peso semiproducto (kg)	Precio (\$)
Acero AISI 316	3,25	7,4	34,05
Acero AISI 316	4,90	18,75	91,87
Total Materiales			\$ 125,92

En la tabla 3.12, se elabora la ficha de costo por concepto de operaciones y operarios, así como el comportamiento del consumo eléctrico.

Tabla. 3.12. Costo de fabricación del instrumento de medición (continuación).

Tipo de material	Costo del material (\$)	Cantidad de material (Kg.)	Precio (\$)
AISI-316	35	0,75	25,18
Operario	Tarifa por horas (\$)	Tiempo de trabajo (h)	Costo \$
Soldador A	1,68	1,46	2,45
Tornero A	1,78	1,71	3,04
Mecánico T. B	1,62	4,46	7,22
Salario básico (suma de todos los costos) Sb			0,61
Salario complementario Sc =(Sb*0,1)			0,061
Aporte a la Seguridad Social (Sc+Sb)*0,09			0,06
Gasto de Energía			
Máquina	Tiempo de trabajo (h)	Potencia de la máquina (kW)	Energía consumida (kW/h)
Generador de CA	1,46	10	14,6
Torno	1,71	10	17,1
taladro	0,7	10	2,2
Segueta mecánica	3,71	5	18,55
	Costo de Energía		
Generador	0,25	3,65	
Torno	0,25	4,275	
Segueta mecánica	0,25	4,63	
Taladro	0,25	0,55	
Costo total de energía		\$ 7,925	

- Costo Total = Materiales + Mano de Obra Directa + Gastos Indirectos
- Costo Total = 151,1+ 13,90 + 0,73 = 165,73 CUC

3.5 Costos de producción del maquinado

El costo de producción viene dado por el gasto de materiales fundamentales y auxiliares, energía eléctrica y salario de la fuerza de trabajo en la fabricación de esta, durante el proceso de maquinado.

El costo total de elaboración de los dispositivos del instrumento de medición es de 7,925 CUC y 13,381 CUP.

4.1 Impacto ambiental

La naturaleza sirve de fuente de materia prima y de energía; con la utilización de sus riquezas se contribuye la vida material de la sociedad y de su desarrollo económico. Durante las últimas décadas, la influencia de la humanidad sobre la naturaleza se ha ido incrementando en relación con el aumento de la demanda de recursos naturales. En la producción social el intercambio de sustancias y de energías entre el hombre y la naturaleza, se efectúa fundamentalmente con la ayuda de medios técnicos, mientras que el intercambio biológico directo le corresponde una pequeña parte.

En el proceso de la actividad productiva, el hombre actúa como un factor decisivo provocando cambios considerables en la naturaleza y alteraciones. El desarrollo intensivo de la producción industrial va acompañado de considerables alteraciones en las propiedades del Medio Ambiente.

En nuestro país existe una protección del medio ambiental registrada en nuestra constitución y todas las empresas del territorio tienen que acatarla, no obstante existen violaciones que se deben evitar como por ejemplo:

- En los talleres en ocasiones no se cuentan con los medios de protección individuales como protectores contra el ruido, espejuelos, botas, etc.
- Vertimiento de material residual del proceso de maquinado (virutas), que en muchos casos van acompañados de grasas y otras sustancias que no son degradable y pueden contaminar las aguas.

4.2 Gases constituyentes del humo de soldadura

En la soldadura se generan distintos tipos de gases, entre los que están los siguientes: CO_2 , CO , NO_2 , argón, helio, óxido nitroso, ozono, entre otros. Algunos de estos gases se generan debido a la reacción de los componentes del aire (75 % de N_2 y 23 % de O_2) a las altas temperaturas del arco y en las zonas cercanas a él. También influyen los gases de protección utilizados como el CO_2 y el helio en las soldaduras con protección gaseosa. Otra fuente de generación de gases son los compuestos existentes en el recubrimiento de los electrodos o los materiales o fundentes contenidos en el alma del alambre tubular, también de los fundentes utilizados para la soldadura a gases (OAW), la soldadura fuerte y la soldadura por arco sumergido (SAW) y por electroescoria (ESW).

Los gases más comunes que aparecen como componentes del humo de soldadura son: el ozono, los gases nitrosos y el dióxido de carbono, aunque existen otros que se presentan en ocasiones particulares y en dependencia de las características específicas del proceso que se está realizando, como por ejemplo el gas fosgeno, los fluoruros.

Para proteger el metal fundido se lanza sobre el arco un gas de soldadura (GMAW o GTAW), o también este puede generarse a partir del revestimiento del consumible en el proceso con electrodo revestido. Fuera de esta atmósfera de soldadura las partículas pueden reaccionar con el oxígeno en el aire circundante. Por esta razón las partículas de humo consisten principalmente en óxidos metálicos y otras partículas producidas por el revestimiento o fundente, según el tipo de proceso.

Las partículas microscópicas son visibles en forma de humo con alta concentración, pero no después de alguna dilución. Ellas se asientan muy lentamente y se mantienen suspendidas en el aire por un tiempo considerable. Como resultado de esto, son ampliamente distribuidas por el taller y, por tanto, afectan la calidad del aire de los trabajadores.

La composición de las partículas de humo se corresponde, más o menos directamente y en dependencia de la volatilidad de las sustancias, con la composición del consumible que se utilice. El metal base contribuye muy poco a la formación de humo. La varilla o el alma metálica tienen, por lo general, aproximadamente la composición del metal base y en la soldadura de acero de bajo carbono suele hallarse mayormente óxido de Fe.

En los casos de acero aleado y acero inoxidable se encuentran óxidos de Mn, de Cr y de Ni. A partir de las aleaciones de aluminio se obtienen óxidos de aluminio y magnesio, mayormente.

Conclusiones del capítulo III

- ✓ Quedó establecida la tecnología de fabricación del instrumento al calcular el proceso de fabricación de los elementos independientes (aro, base, tapa y cuerpo), la seguridad de los operarios, el sistema de sujeción para los termopares interiores y la resistencia, quedando demostrado que es posible el empleo de las máquinas propuestas.
- ✓ Los regímenes de corte establecidos están dentro del rango de trabajo, teniendo en cuenta que se emplearon máquinas convencionales.
- ✓ El costo total para la fabricación del instrumento es de 173,155 CUC y 13,381 CUP.

CONCLUSIONES GENERALES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos concluir:

1. El análisis bibliográfico permitió conocer las características principales del funcionamiento de la célula para medir la conductividad térmica en los sólidos granulados y las características generales de los procesos de manufactura y de mecanizado de los elementos de máquinas.
2. Se caracterizaron los equipos que participan en el proceso (torno, taladro máquina de soldar), además del tipo de material para la construcción del instrumento y del electrodo a utilizar.
3. Quedó establecida la tecnología de fabricación del instrumento al calcular el proceso de fabricación de los elementos independientes (aro, base, tapa y cuerpo), teniendo en cuenta la seguridad de los operarios.
4. Los regímenes de corte establecidos están dentro del rango de trabajo, teniendo en cuenta que se seleccionaron y emplearon máquinas herramientas convencionales.
5. El costo total para la fabricación del instrumento por concepto de materiales, salario, energía, etc. es de 173,155 CUC y 13,381 CUP.

RECOMENDACIONES

Después de los resultados obtenidos podemos recomendar:

1. Realizar pruebas de vacío para comprobar la hermeticidad del instrumento, no solo de la soldadura si no también de la tapa.
2. Realizar experimentos con materiales que se conozca previamente su comportamiento de la conductividad térmica, para poder validar la colocación de los termopares.
3. Calibración de los termopares cada cierto tiempo de trabajo para que midan correctamente y los resultados sean fiables.
4. Observar el comportamiento de la resistencia de calentamiento, ya que inicialmente se proponía un material de CANTAL que no se posee y se sustituyo por una de NICRON.

Referencias Bibliográficas

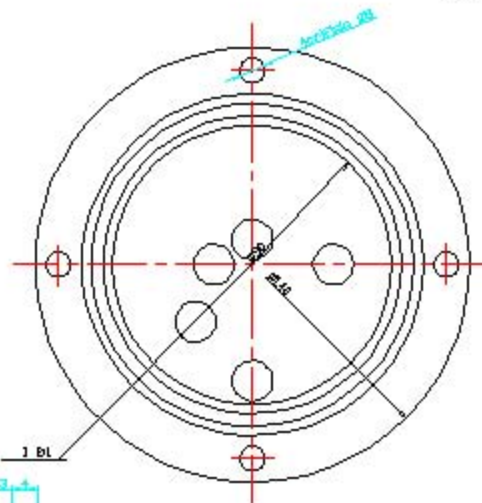
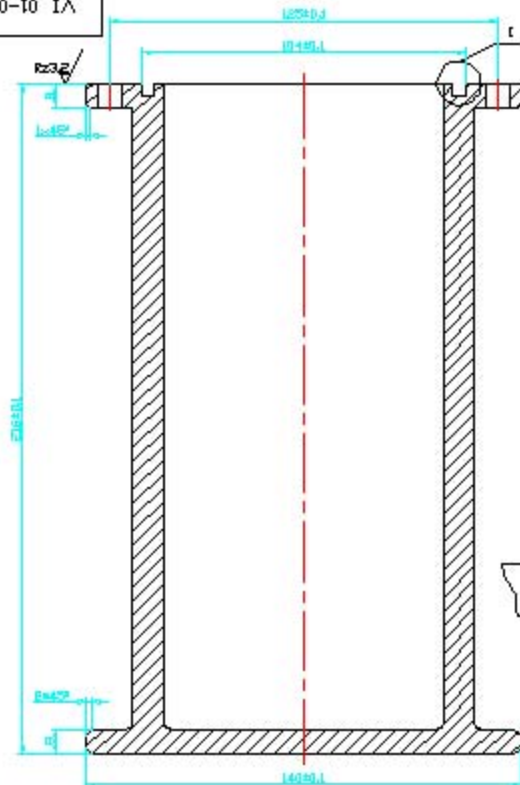
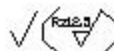
1. Burgos Solas, J. Tecnología de soldadura. Ed. Pueblo y Educación. 1987.
2. Coromant Korokey. Guía de aplicación de herramientas. Pag 38-43. 1996
3. Coromant Sandvick. "Modern metal Cutting" Departamento de publicaciones técnicas. Coromant Sandvik, 2003.
4. Easterling K. Introducción a la física metalúrgica de la soldadura. Heinemann, pp. 18-19. 1992.
5. Feschenkov, V, Majmutov, R. El torneado. Editorial Mir. Moscú. Pág 152-163. 1989.
6. Guliaev, A. Metalografía. Tomo II. Moscú. Editorial MIR. 1983. p 17 – 22.
7. Guliar, A. P. Metalografía, Tomo 1 y 2. Editorial. MIR MOSCÚ. 1978
8. Gutiérrez Galván, Jorge. *Tecnología de fabricación de los dispositivos del enfriador de mineral a escala piloto del ISMM*. Tesis de grado, ISMM, Departamento de Mecánica, 2011.
9. Ginjaume, A.; Torre, F. "Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje" Cengage Learning Editores, 2005
10. Groover, M. "Fundamentos de manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas" Editorial Prentice Hall, 1997.
11. GÓNGORA, E. Modelación físico-matemática del proceso de enfriamiento de mineral en cilindros rotatorios de la Planta Hornos de Reducción de la Empresa Cdte. Ernesto Che Guevara. Tesis de Maestría. ISMMANJ. Moa. 2004. 83p.
12. GÓNGORA, E. Modelo matemático multivariable para un proceso de enfriamiento industrial de sólidos en cilindros rotatorios horizontales. *Energética*, Vol. XXVIII, No. 2, 2007: 15 -25
13. Jacomino Rodríguez, Daniel. *Construcción de un cilindro horizontal rotatorio a escala de laboratorio*. Tesis de grado, ISMM, Departamento de Mecánica, 2010.
14. Kalpakjian, S.; Schmid, S. "Manufactura, ingeniería y tecnología" Pearson Educación. ISBN: 970-26-0137-1 Versión en español de la obra "Manufacturing Engineering and Technology, Fourth Edition", 2002
15. Meyer, H. J. Grietas Laminares en Construcciones Soldadas. II Conf. On Significance of Defect in Welds, Welding Inst. London. 1968.
16. Micheletti, G. Tecnología mecánica. Mecanizado por arranque de virutas. Editorial Blume, 1986
17. Niebles, E. Desarrollo de un modelo y de una base de conocimientos para el diseño de producto soldados, Tesis de maestría, Universidad del Norte

Barranquilla, Colombia, 2005.

18. Nikolaev, Anatoli. Máquinas Herramientas I: Cinemática y Afinado. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, Cuba, 1982.
19. Oxley, P. "Mechanics of machining—an analytical approach to assessing machinability" Ellis Horwood Limited, London, 1989
20. Page, N. W.; Bisset, D y et al. Ore Cooler Evaluation. Business Research Tunra. A Report for Prior Industries Australia Pty. Ltd.; The Department Of Mechanical Engeniering, At The University de Newcastle, Australia, 1998.
21. Perdomo Mena, José Javier y Matos, Diolkis. *Evaluación de la influencia del agua en el proceso de transferencia de calor del mineral laterítico reducido en cilindros horizontales en la Empresa Ernesto Che Guevara. Tesis de grado*, ISMM. Departamento de Mecánica, 2010.
22. Quiza, R. *"Optimización multi-objetivos del proceso de torneado" Tesis doctoral*. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica. 2004.
23. Rodríguez P, H. Metalurgia de la soldadura. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983. 612 p.
24. Rodríguez Guzmán, Guillermo. *Construcción de un transportador de tornillo sin fin para la alimentación del enfriador de mineral a escala piloto del ISMM*. Tesis de grado, ISMM, Departamento de Mecánica, 2010.
25. Sotto Guilarte, Yudixánder. *Influencia de los elementos mecánicos del enfriador horizontal en el proceso de transferencia de calor del mineral reducido en la empresa "COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA"*. Tesis de grado, ISMM, Departamento de Mecánica, 2007.
26. Taylor, L. G. Aspectos Metalúrgicos de las propiedades mecánicas de metales soldados. Weld and Metal const. Nro 5. 1975
27. Trent, E. Wright, P. "Metal Cutting" Butterworth-Heinemann, 225 Wildwood Avenue, Woburn, 2000.
28. VALLE M. M. Evaluación de los enfriadores de mineral de la empresa Cdte. Ernesto Che Guevara de Moa (II). Tecnología Química. 2000b. 20 (2): 10-15.

Anexos

20-20-10 1A



Requisitos Técnicos

- Dimensiones no toleradas por IT14.
- Bordes no indicados b45°.
- Eliminar cantos vivos.
- Radios no indicados 3mm.

Mod/Rev	Revisión	Fecha	Por
01	Victor	22/5/12	
Rev.	Victor	25/5/12	
Rev.	Castillo	21/5/12	
Coord. Terc			
Coord. Rev			
Coord. Rev			

Cuerpo

Plano de pieza

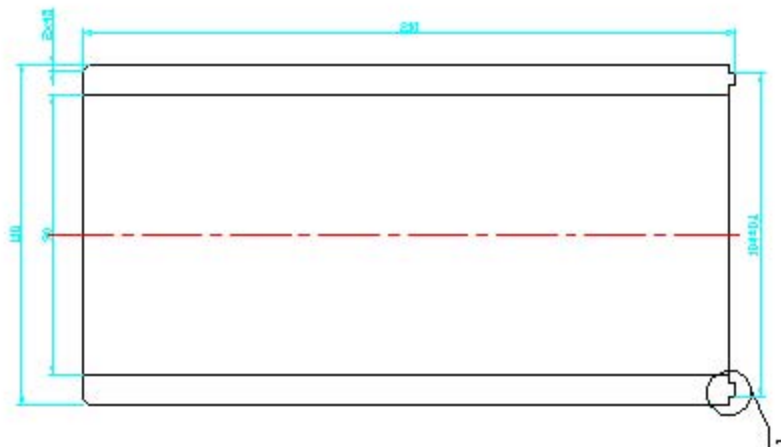
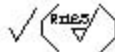
Acero 316

ISMM

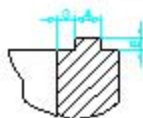
Plano de observación

Masa	Gravim	Hoja No.	Coord. de Hoja
5.6kg	34	1	1

VI 01-02-02



1 BL



Requisitos Técnicos

- Ovarietos no tolerados por IT14.
- Bactas no indicados 145?
- Difteria certos vivos.
- Radis no indicados 3nn.

[illegible]

Tubo

Flora de playa.

Acero 316

ISMM

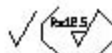
Figure 4. The network.

Họ và Tên	Điểm	Hạng	Điểm
Nguyễn Văn A	10	1	10

VI 01-02-02



VI 01-02-01

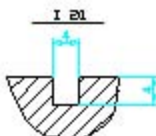
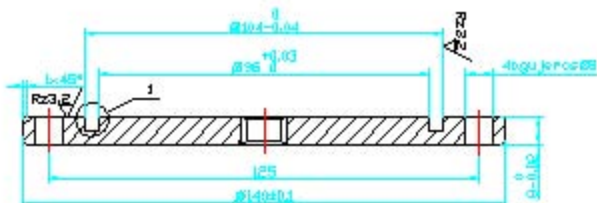


For quality time: Talk to me now

- Ovarios no tolerados por T14.
- Eliminar contos vivos.
- Bailes no indicadores bet5.

[illegible]

✓ Rz12.5



- Inundaciones no toleradas por JTA.
- Eliminar cultivos vivos.
- Hacer las indicaciones 1x45.

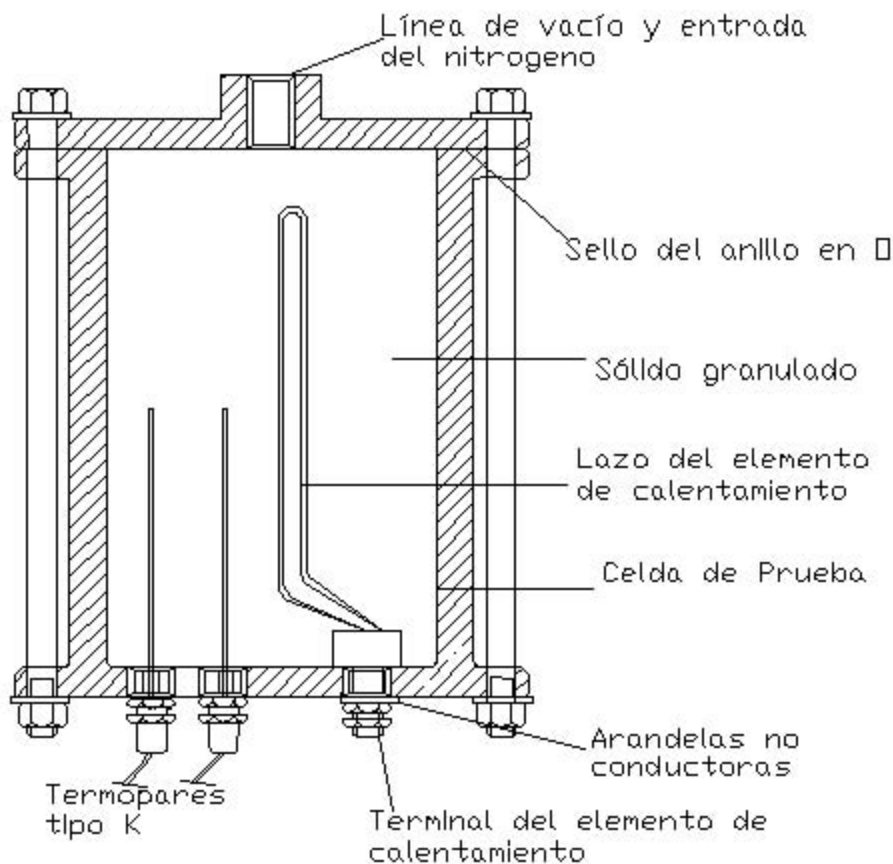
Plano y Perfil	No Inventario	Unidad: A.
----------------	---------------	------------

Requisitos Técnicos

- Dimensiones no toleradas por IT14.
- Eliminar cantos vivos.
- Mueles no indicadas 1x45.

Plano y Perfil	No Inventario
----------------	---------------

					</



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]